

NGUYỄN THẾ PHÙNG

# THI CÔNG HÀM

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG

HÀ NỘI - 2010





## LỜI NÓI ĐẦU

*Trong những năm gần đây ở Việt Nam xây dựng ngầm đã có mặt ở hầu hết các lĩnh vực xây dựng: Giao thông, thủy lợi, thủy điện, dân dụng, công nghiệp, quốc phòng v.v. và chúng đã chiếm một tỉ trọng đáng kể. Để giải quyết vấn đề giao thông đô thị, sắp tới tại Hà Nội, thành phố Hồ Chí Minh và các thành phố lớn khác sẽ triển khai xây dựng các hệ thống xe điện ngầm, hầm trên đường ô tô, hầm cho người đi bộ. Đó là những công việc xây dựng ngầm hết sức phức tạp cả về quy hoạch không gian, kết cấu công trình, khai thác vận hành và thi công xây dựng trong những điều kiện địa chất công trình và địa chất thủy văn phức tạp.*

*Mặt khác để đáp ứng nguồn nhân lực chất lượng cao cho xây dựng ngầm, nhiều trường Đại học trong cả nước cũng đã mở ngành đào tạo theo chuyên môn này với mức độ chuyên sâu khác nhau, với những mục tiêu khác nhau.*

*Với những lý do trên số người trực tiếp tham gia thiết kế, thi công xây dựng công trình ngầm và học tập nghiên cứu trong lĩnh vực này ngày một đông đảo.*

*Cuốn sách "Thi công hầm" được biên soạn dựa trên cuốn sách tác giả và Nguyễn Ngọc Tuấn biên soạn trước đây (Nhà xuất bản KHKT - 1997). Nội dung biên soạn lần này có bổ sung những kiến thức cơ bản nhất về các phương pháp xây dựng hầm và công trình ngầm, kể cả các phương pháp khiên đào và máy đào liên hợp. Hy vọng cuốn sách này cùng với cuốn "Thiết kế hầm giao thông", (NXB Xây dựng, 2008) sẽ cung cấp cho bạn đọc những kiến thức cần thiết để giúp các bạn tự tin, vững vàng trong giảng dạy, đào tạo, trong thiết kế thi công các công trình ngầm.*

*Mong muốn thì nhiều nhưng khả năng và hiểu biết của người biên soạn và những tư liệu, tài liệu tham khảo lại có hạn, nên cuốn sách không tránh khỏi những thiếu sót. Hy vọng sẽ nhận được nhiều ý kiến đóng góp của các đồng nghiệp và bạn đọc. Mọi ý kiến đóng góp xin gửi về Nhà xuất bản Xây dựng - 37 Lê Đại Hành - Hà Nội.*

**Tác giả**



# Chương 1

## ĐÀO CÁC BỘ PHẬN CỦA HANG NGẦM

### §1. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ ĐÀO ĐẤT ĐÁ

Đặc điểm của thi công ngầm so với thi công hở (lộ thiên) là cần phải tạo nên một hang có kích thước đủ để bố trí công trình đã được thiết kế. Việc đào đất đá - tức là tách đất đá ra và chuyển ra bãi thải là quá trình hết sức khó khăn, đòi hỏi phải được cơ giới hoá một cách tối đa. Việc lựa chọn phương pháp và phương tiện để đào đất đá cơ giới hoá được xác định trước tiên bởi các tính chất của đất đá (độ cứng, độ dai, độ đàn hồi và độ nứt nẻ v.v.). Để làm việc này cần thiết phải phân loại đất đá dựa trên sức kháng khoan, biểu thị bằng độ dịch chuyển của lỗ khoan trong một đơn vị thời gian trong điều kiện tiêu chuẩn.

Ở Liên Xô cũ trong các tiêu chuẩn và quy chuẩn xây dựng đất đá được phân làm 11 loại theo tính chất đào phá đất đá, xếp theo thứ tự giảm dần của sức kháng khoan và tăng của độ cứng. Tùy thuộc vào loại đất đá có kiến nghị phương pháp đào như trong bảng sau:

**Phân loại đất đá**

Loại đất đá	Tỷ số độ cứng f theo Protodiakonov	Sức kháng khoan (mm) trong 1 phút khoan thuần túy*	Phương pháp đào
I	0,4 - 0,6	—	Đào thủ công
II	0,6 - 0,8	—	Đào thủ công bằng các công cụ khí nén.
III	0,8 - 1,0	—	
IV	1,5 - 2,0	324	Đào thủ công bằng các công cụ khí nén và khoan nổ mìn.
V	2 ÷ 3	239	
VI	4 ÷ 5	175	Phương pháp khoan nổ mìn
VII	5 ÷ 6	130	
VIII	7 ÷ 9	96	
IX	10 ÷ 14	72	
X	15 ÷ 18	53	
XI	19 ÷ 25	39	

\* Bảng khoan tay PP-17 trong các điều kiện tiêu chuẩn.

Công việc đào thủ công bằng xẻng, cuốc, xà beng có năng suất thấp và nặng nhọc, được áp dụng trong những điều kiện đặc biệt, ví dụ như, thi công trong đất yếu không ổn định, đòi hỏi phải chống đỡ cẩn thận, kịp thời cũng như khi xử lý, thu dọn trong đá không ổn định.

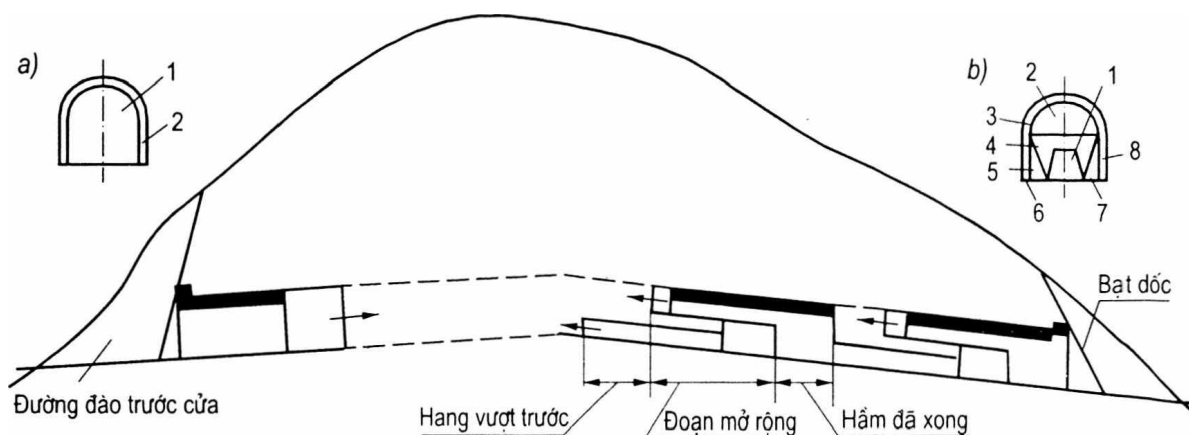
Đào thủ công trong đất đá không ổn định được thực hiện tuân tự từng lớp ở trong gương từ, trên xuống dưới cùng với việc di chuyển vì chống mặt gương, trong đất đá không ổn định là bằng việc cắt đất đá từ bậc thang treo của gương cùng với việc đánh sập đất xuống đáy hang. Để đảm bảo thuận lợi cho thi công, một thợ đào cần không nhỏ hơn 1 mét bề rộng gương thẳng đứng hay  $2 \div 3\text{m}^2$  diện tích gương giếng đứng.

Đối với các đất đá từ cấp V trở lên thì đào đất đá bằng phương pháp khoan nổ mìn cùng với việc chống đỡ hang hoặc không cần phải chống đỡ. Công tác đào hầm bằng phương pháp khoan nổ mìn được khảo sát chi tiết trong một chương riêng (chương 3).

## §2. SƠ ĐỒ XÂY DỰNG HẦM

Quá trình xây dựng hầm bao gồm hai công đoạn chính: Đào hang, tức là tách bỏ đất đá từ không gian dùng để bố trí hầm, và xây kết cấu của hầm đó là vỏ hầm.

Tuỳ thuộc vào độ cứng và trạng thái của đất đá, việc đào được tiến hành cùng với việc chống đỡ tạm thời hang hoặc để hang không cần chống đỡ. Vì chống tạm được chế tạo bằng gỗ, thép hoặc bê tông cốt thép, được sử dụng với mục đích ngăn ngừa các biến dạng dư của biên hang và gắn liền với nó là việc tăng áp lực địa tầng. Vì thế vì chống cần phải có đủ độ bền, được dựng nhanh nhất có thể sau khi để lộ vách hang và được ép chặt vào vách hang. Thời gian để hang với vì chống tạm, về nguyên tắc, cần phải giảm đến tối thiểu, bởi vì chỉ có xây dựng vỏ hầm vĩnh cửu cùng với việc lấp đầy các khe hở ở phía sau bằng cách ép vữa xi măng mới đảm bảo cho việc ổn định trạng thái ứng suất của khối địa tầng xung quanh hầm.



**Hình 1.1:** Sơ đồ xây dựng hầm

Tuỳ thuộc vào tính chất của địa tầng và kích thước tiết diện hang mà việc đào hang được thực hiện theo một lần hoặc tiến hành trên từng phần của hang. Trong trường hợp

đào một lần thì diện tích của gương bằng diện tích toàn tiết diện hang (hình 1.1a). Trong trường hợp thứ hai thì đầu tiên đào hang dẫn vượt trước 1 có tiết diện nhỏ hơn (hình 1.1b). Sau đó sử dụng hang dẫn này làm cơ sở để phát triển công tác đào đất đá, mở rộng tiết diện hang đến kích thước thiết kế 2, 4, 5, 7. Vở hầm 3, 6, 8 được xây dựng một lần trong hang đã được gia cố và hoàn toàn tự do, hoặc theo từng bộ phận một trong quá trình đào hang.

Thường thì việc đào hang được bắt đầu từ phần đường đào trước cửa hầm (hình 1.1), ta luy trước mặt của đường đào đã được gia cố (chống đỡ) để tránh sụt lở. Sau khi hang dẫn đi vào đủ sâu thì người ta bắt đầu công việc mở rộng hang đến toàn tiết diện thiết kế. Quá trình này được gọi là đào mở rộng, được bắt đầu từ đoạn cửa vào hoặc từ hang dẫn. Trong trường hợp bắt đầu đào mở rộng từ hang dẫn thì người ta thiết lập ngách mở rộng, từ đó tiến hành đào phần bên trên (hoặc bên dưới) hang về một hoặc hai phía, đảm bảo có một hoặc hai gương trung gian. Khoảng cách từ gương của hang dẫn vượt trước đến đoạn đào mở rộng được gọi là khoảng vượt trước.

### §3. CÁC HANG DẪN

Hang dẫn định hướng thường được bố trí ở phần dưới của tiết diện hầm (hình 1.1).

Hang dẫn định hướng được sử dụng để bố trí đường giao thông ngầm, các mốc trắc địa và định vị trục hầm, để chính xác các số liệu địa chất và địa chất thủy văn của khối địa tầng mà hầm cắt qua, làm khô hang bằng việc thoát trực tiếp nước ngầm, bố trí ống thông gió, cáp điện và các thiết bị thoát nước. Trong trường hợp cần thiết, dọc theo hang dẫn người ta mở các gương phụ để rút ngắn việc thi công, mở rộng đến toàn tiết diện hang.

Hang dẫn dưới, đảm bảo ở mức độ cao nhất, việc thực hiện các chức năng nêu trên, loại trừ việc phải đặt đi đặt lại đường vận chuyển, các trang thiết bị phụ trợ và mạng lưới trắc địa trong suốt thời kỳ thi công. Ngoài ra, việc có hang dẫn dưới tạo điều kiện thuận lợi để chuyển từ phương pháp thi công này sang phương pháp thi công khác khi có sự thay đổi bất thường của các điều kiện địa chất công trình.

Để mở rộng tiếp tiết diện cần phải đào hang dẫn trên. Vì thế, xu hướng tự nhiên là sử dụng nó để định hướng. Khi đó khối lượng đào hang dẫn được giảm bớt, nhưng lại phát sinh nhiều nhược điểm. Hang dẫn trên chỉ có thể thoát nước được cho phần bên trên của tiết diện, còn phần dưới của hang vẫn phải tiến hành đào trong điều kiện có nước ngầm. Việc đào các gương mở rộng trung gian từ hang dẫn trên gặp rất nhiều khó khăn. Khi đó công tác vận chuyển thải đá từ những phần mở rộng phía dưới sẽ trở nên phức tạp, cần phải tổ chức thoát nước, các đường chuyển tải, các thiết bị phụ và các mốc trắc địa phải chuyển đặt lại từ hang dẫn trên xuống phía dưới. Sự thay đổi phương pháp đào khi gặp đất yếu bắt đầu từ hang dẫn trên là cực kỳ khó khăn.

Vì thế việc sử dụng hang dẫn trên làm hang dẫn định hướng là hợp lý khi hầm nằm trong địa tầng khô ráo, cứng chắc và đồng nhất, khi không cần phải sử dụng các gương đào trung gian, thường là trong hầm có chiều dài không lớn (đến 300m).

Trong xây dựng hầm ngày nay có xu hướng bỏ hang dẫn định hướng và đào hầm với những phân mảnh lớn hơn, diễn hình trong xu hướng này là phương pháp đào phần vòm vượt trước.

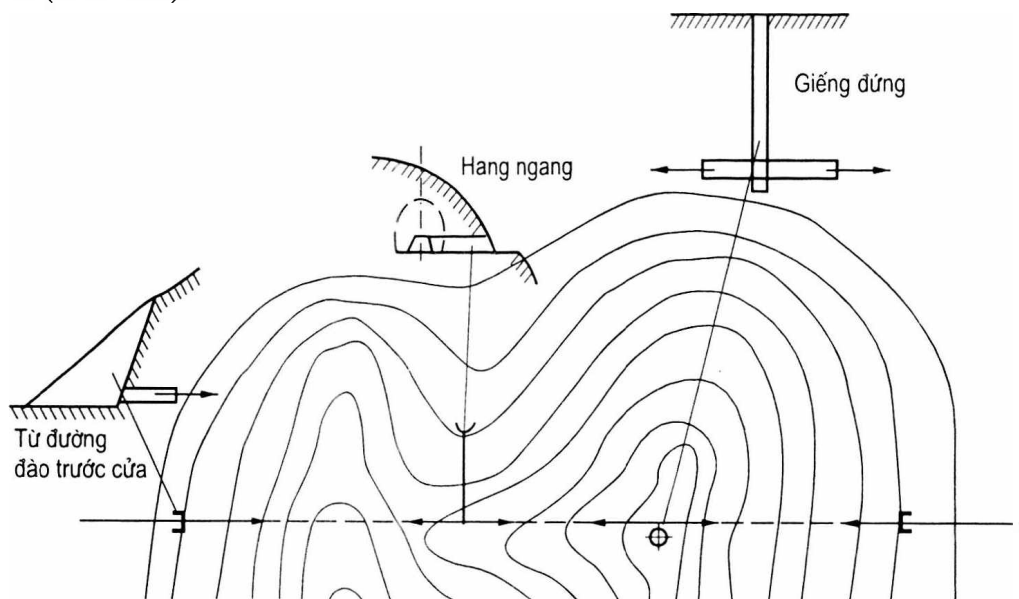
Thời hạn xây dựng hầm phụ thuộc rất nhiều vào tốc độ đào phần hang vượt trước, làm cơ sở để đào mở rộng hang đến toàn tiết diện và cơ bản được xác định bởi thời gian cần thiết để đục thông các hang dẫn hướng đào theo hướng gặp nhau. Vì thế nên bắt đầu đào các gương đi trước, bắt đầu hang dẫn trước khi mặt bằng xây dựng được chuẩn bị đầy đủ và các gương này thường được tổ chức thi công liên tục cả ba ca, cùng với việc cơ giới hoá đồng bộ ở mức độ cao.

Khoảng vượt trước của hang dẫn đối với đoạn thi công mở rộng cần phải đủ để khi gặp những khó khăn không thấy trước (cát chảy, áp lực địa tầng lớn, nhiệt độ cao, vỡ nước hay bùn vào hầm...) thì việc chậm từ việc đào hang dẫn không cản trở công tác đào mở rộng ở phía sau. Tuy nhiên, không nên cho phép phần vượt quá lớn, bởi vì trong trường hợp này sẽ phát sinh những khó khăn trong việc giao thông thải đá trên đoạn hang hẹp, làm xấu các điều kiện thông gió, làm phức tạp công tác theo dõi giám sát trạng thái của các vòm chống tạm.

Ngoài ra, việc để hang lâu dài với vòm chống tạm, các biến dạng và độ lún của các vòm chống hư hỏng sẽ gây nên sự chuyển dịch đất đá trên nóc hang, mà việc xử lý chúng sẽ gây nên những điều kiện bất lợi không kém.

Kiến nghị phần vượt trước của hang dẫn hướng khoảng 100 - 200 mét, cho phép tăng đến 300 - 500m chỉ khi xây dựng các hầm dài (lớn hơn 300 mét).

Để rút ngắn thời gian thông các hang dẫn thường có xu hướng tăng số lượng gương đào. Việc mở diện thi công đào hang có thể tiến hành trực tiếp từ đường đào trước cửa, từ giếng đứng, bố trí dọc tuyến hầm, hoặc qua các hang ngang, đào vuông góc với hướng trục hầm (hình 1.2).

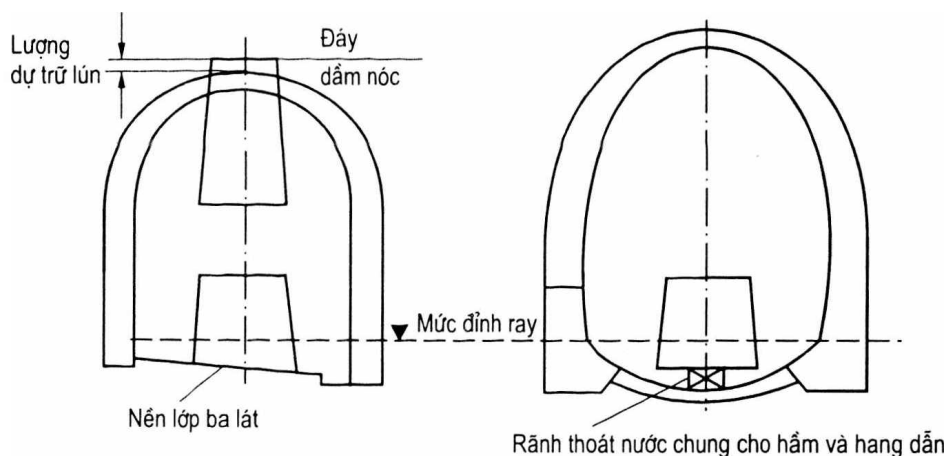


Hình 1.2: Mở diện thi công

Việc đào giếng đòi hỏi chi phí lớn về phương tiện và thời gian, vì thế người ta sử dụng để mở diện thi công chỉ trong trường hợp hầm núi nằm không sâu (đến 100 - 200m) và sau này giếng được sử dụng để thông gió trong thời gian khai thác công trình. Giếng đứng và hang nghiêng được sử dụng phổ biến để mở diện tích thi công khi xây dựng các hệ thống metro.

Việc sử dụng các hang ngang là cực kỳ hợp lý, bởi vì nó không đòi hỏi chi phí lớn, đảm bảo thoát nước ngầm tự nhiên và thải đất đá đào ra một cách thuận lợi. Tuy nhiên việc sử dụng chúng cũng được hạn chế trong những trường hợp khi tuyến hầm đi ở khoảng cách đủ gần với sườn núi (không lớn hơn 100 - 200m), điều này thường gặp ở những hầm xoắn ốc hoặc cong gheñh.

Hang dẫn dưới được bố trí dọc theo trục hầm như thế nào đó để khi mở rộng tiết diện không đòi hỏi đặt lại đường vận chuyển và các thiết bị phụ khác (hình 1.3). Vì thế sàn của hang dẫn cần trùng với nền của lớp balat. Khi có vòm ngửa vị trí hang dẫn thấp sẽ gây khó khăn cho thoát nước, bởi vì nước chảy ra từ gương sẽ đọng lại ở cạnh vòm ngửa của phần hầm đã xây dựng xong. Trong trường hợp này nên bố trí hang dẫn cao lên một chút, để rãnh thoát nước của hang dẫn trùng với rãnh thoát nước trên vòm ngửa của phần hầm đã xây dựng xong.



**Hình 1.3:** Vị trí hang dẫn theo chiều cao

Khi quyết định vị trí cao độ của hang dẫn trên, cần phải hiểu rõ các cấu kiện bên trên (dầm nóc) của vì chống, về nguyên tắc, được đưa vào làm một bộ phận của vì chống hang sau cùng và không tháo bỏ đi trước khi đổ bê tông vòm. Vì thế nó cần được bố trí như thế nào để khi có những độ lún trong quá trình thi công thì những chi tiết này của vì chống vẫn nằm cao hơn biên ngoài của vòm hầm thiết kế.

Trị số độ lún có thể trong thi công được xác định thực tế khi đào đến toàn tiết diện của những dốt hầm đầu tiên và phụ thuộc vào nhiều nhân tố, trong đó có các tính chất của đất đá, khoảng thời gian (độ lâu dài) để hang với vì chống tạm, trình tự đào mở rộng và hệ thống chống đỡ hang được sử dụng, chất lượng thi công công tác đào đất đá, gia cố hang và trị số của nhịp hang.

Khi đào hang hầm đường sắt tuyến đơn trong các đất sét có thể lấy trước độ lún trung bình là 30cm, trong đá mềm là 10 - 20cm.

Trong đá cứng, không có áp lực bên, tiết diện ngang của hang dẫn có thể lấy dạng chữ nhật. Trong các đá có áp lực bên không đối xứng, khung chống dạng chữ nhật, lập từ các cấu kiện nối với nhau ở nút bằng cách tựa đơn giản, dễ dàng mất ổn định. Dạng tin cậy hơn của vì chống là hình thang. Khi có chuyển vị ngang, dầm nóc của dạng khung chống này bị xoay đi, ép chặt vào trần hang. Lực kháng đàn hồi phát sinh sẽ ngăn cản sự thay đổi hình dạng của khung chống dưới tác dụng của tải trọng một phía.

Dạng hình thang của khung chống, với độ nghiêng của cột khung bằng 1:10, thuận tiện cho sử dụng cùng với các thông số khác là: phần dưới có mở rộng của hang dẫn có thể sử dụng để bố trí các thiết bị phụ trợ khác nhau, việc giảm nhịp của dầm nóc cho phép giảm tiết diện của nó.

Giá thành đào đất đá từ hang dẫn thường vượt giá thành đào đất đá từ các bộ phận khác của hang. Vì thế tiết diện của hang dẫn nên quyết định nhỏ nhất có xét đến việc bố trí đường vận chuyển, các thiết bị phụ trợ và ống thông gió.

Bề rộng của hang tuyến đôi đường sắt được quyết định sao cho khe hở giữa hai đoàn tàu di chuyển trên đường là 20cm, còn giữa cột chống và đoàn tàu là 25cm. Trong tất cả các hang giao thông cần phải có một lối cho người đi bộ ở một bên đường vận chuyển là 70cm.

Chiều cao thông thủy của hang giao thông được quyết định phụ thuộc vào loại phương tiện giao thông được sử dụng. Với đầu máy điện tiếp xúc chiều cao này là 2,5 mét, bởi vì dây dẫn tiếp xúc được treo ở độ cao không nhỏ hơn 2,2m kể từ mặt ray của đường vận chuyển và ở khoảng cách 0,2m kể từ mép dưới của dầm nóc. Với các dạng sức kéo khác chiều cao thông thủy của hang dẫn lấy bằng 2,2 mét.

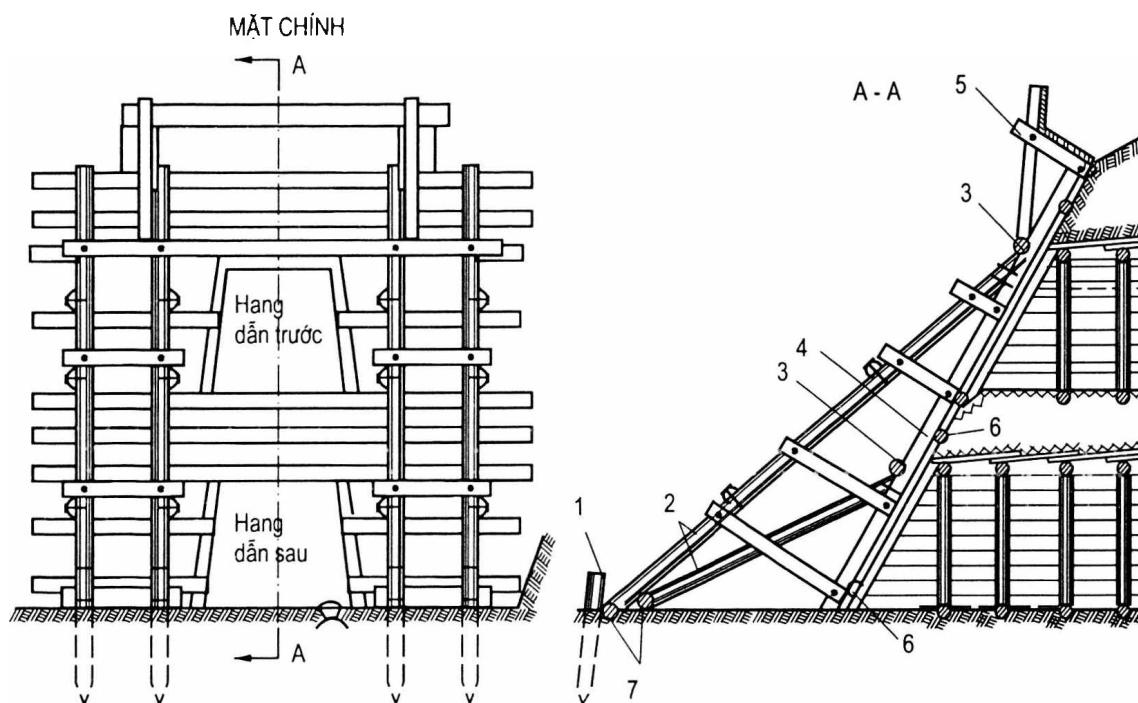
Chiều cao hang dẫn trên được quyết định có thể lớn hơn (đến 3,5 mét) để giảm nhẹ khi mở rộng hang chuyển từ hang dẫn sang mở rộng phần vòm. Nếu như mức sàn hang dẫn được giữ nguyên trong thời gian đổ bê tông vòm thì chiều cao thông thủy của hang dẫn trên được quyết định sao cho, sau khi dựng giá vòm thì khoảng không còn lại dưới giá vòm không nhỏ hơn 1,8 mét.

#### **§4. CHỐNG ĐỠ BẠT DỐC TRƯỚC CỦA HẦM**

Việc đào hang thường được bắt đầu từ đường đào trước cửa, bạt dốc mặt trước của đường đào cần được chống đỡ để tránh sụt lở. Việc chống đỡ mái dốc mặt trước đường đào - chống đỡ bạt dốc (hình 1.4) được đảm bảo bằng việc đặt các cây gỗ nằm ngang 6, được liên kết thành khung bằng các dầm nghiêng 4 và ở những chỗ bố trí các dầm giằng nằm ngang 3 có đặt các thanh chống xiên 2. Các dầm nằm 7 được làm gối kê cho các thanh chống xiên và chúng được chống trượt bằng các cọc ghìm 1.

Trong trường hợp cần thiết ở phía trong của các cây gỗ nằm ngang 6 có đặt ván chèn.





**Hình 1.4:** Chống bạt dốc của hang dẫn

Ở phía trên vì chống bạt dốc có đặt các máng 5 để giữ đá, long rơi ngẫu nhiên từ mái dốc phía trước đường đào.

Trong các đá cứng, với ta luy bạt dốc có độ dốc lớn thì việc chống đỡ bạt dốc thường không cần thiết. Tuy nhiên cần phải có giải pháp chống đá lăn rơi, chúng có thể làm sứt cửa vào hoặc làm sập vì chống của đoạn cửa vào. Trong trường hợp này ở tại cửa hang có dựng các khung gỗ, trên đó có trần bằng gỗ cây có đập đá để tiêu năng khi có các va chạm có thể xảy ra.

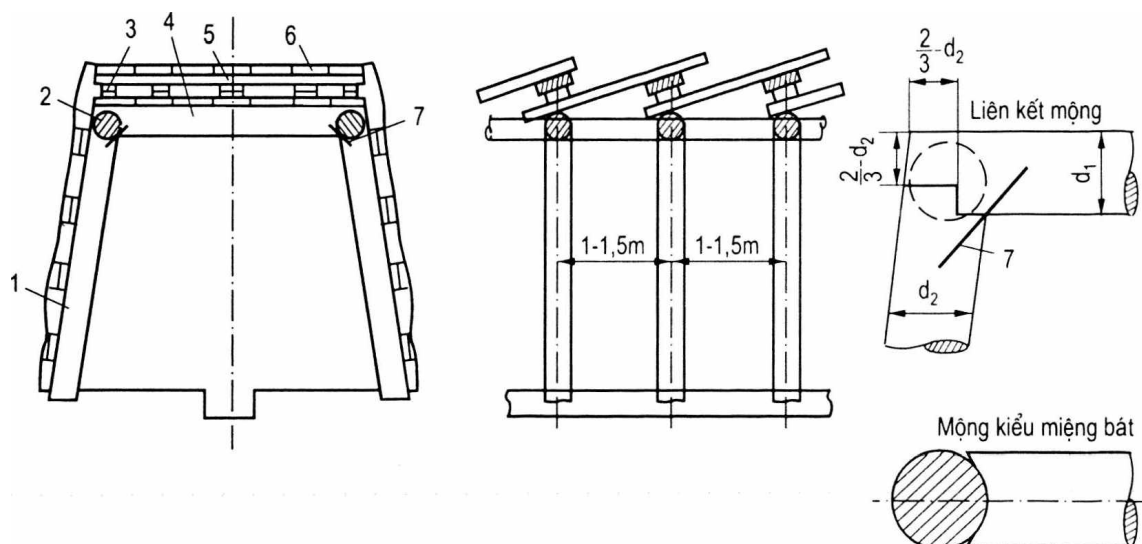
## §5. ĐÀO VÀ CHỐNG CÁC HANG DẪN

Việc đào các hang nhỏ trong đá thường không đòi hỏi phải chống và được thực hiện bằng các chu kỳ khoan nổ mìn.

Việc cần thiết phải chống đỡ được xác định chủ yếu bởi sự ổn định của đất đá bao quanh hang đào. Trong đá cứng thì gia cố (chống đỡ) chủ yếu chỉ ở phần nóc hang. Các dầm nóc bằng các cây gỗ đường kính 20 - 30cm được đặt trên các bậc, tạo nên trong quá trình nổ mìn phần bên trên của vách hang, những dầm này được nêch chặt vào đá.

Trong các đá có độ cứng trung bình và yếu vì chống hang là một khung hở, lập từ dầm nóc 4 đường kính 20 - 30cm và hai cột 1 đường kính 18 - 25cm (hình 1.5). Các cột được đặt lên các con kê bằng gỗ, nhưng thường gặp hơn là đặt trong một hốc lõm, đào vào đá. Khung được nêch cẩn thận theo chu vi hang. Việc nối dầm nóc với cột được thực hiện theo kiểu mộng miệng bát và gia cường bằng các đinh đĩa. Độ cứng dọc của vì chống được đảm bảo bằng việc đặt tại nút các giằng dọc 2 đường kính 12 - 15cm. Khi

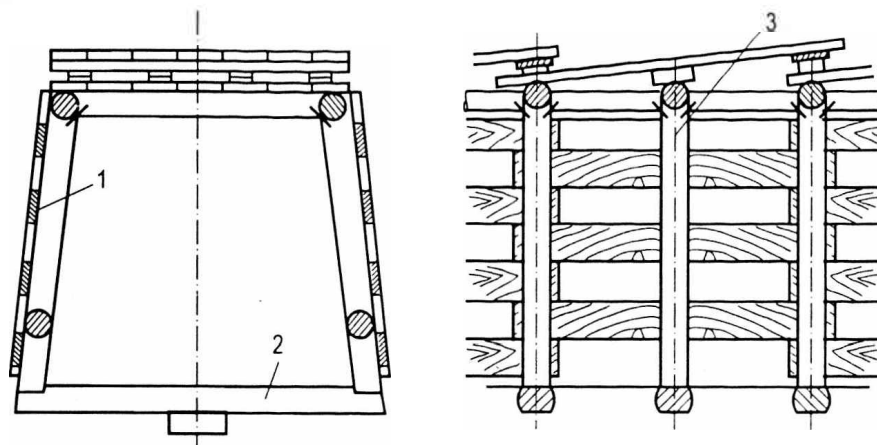
chiều cao hàng dẫn lớn hơn 2,5m thì đặt thêm một đợt giăng thứ hai. Việc nối cấu kiện giăng với các cấu kiện khung được thực hiện theo kiểu mộng và đinh địa.



**Hình 1.5:** Vì chống hàng dẫn khi không có áp lực bên

1. Cột; 2. Giăng; 3. Nêm; 4. Dầm nóc; 5. Ván kê ngang; 6. Ván; 7. Đinh địa

Trong các đá mềm đòi hỏi diện tích tựa của cột lên đá phải lớn. Vì thế, khi không có áp lực bên thì dùng các con kê gỗ để làm gối tựa cho cột. Khi có áp lực bên có thể làm dịch chuyển phần dưới của cột, kết cấu vì chống được bổ sung một dầm nằm đường kính 20 - 30cm. Khung chống lúc đó có dạng kín (hình 1.6). Bước của khung lấy bằng 1 - 1,5 mét. Trong trường hợp cần thiết giữa các khung chính có đặt thêm một khung trung gian 3.



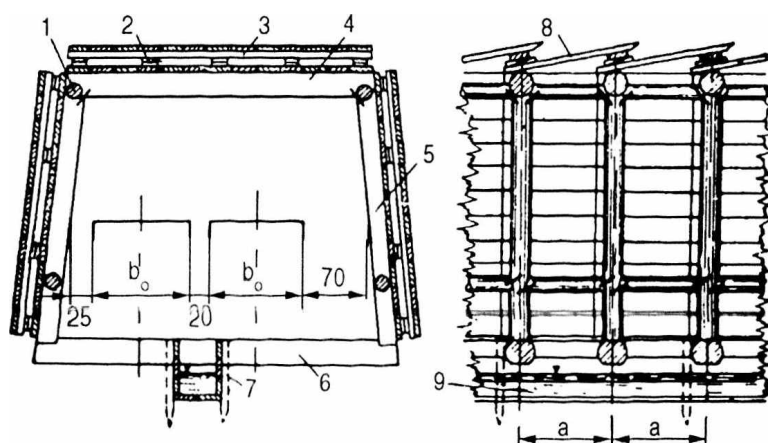
**Hình 1.6:** Vì chống hàng dẫn khi có áp lực bên

1. Ván chèn; 2. Dầm kê; 3. Khung chống trung gian

Nóc của khung chống được chèn kín xít bằng ván dày 5 - 7cm, các đầu ván có gỗ kê ngang bằng ván dày 7cm và được nêm chặt vào khung chống và đất đá. Chiều dài của ván lấy lớn hơn bước khung chống 30 - 40cm. Vách hàng được chèn ván kiểu xen kẽ (cách một ván chèn một ván).

Theo quy tắc kỹ thuật an toàn trong các đá ổn định cho phép vì chống dựng cách gương không lớn hơn 1 mét. Tất cả các khoảng trống sau vì chống cần được chèn chắn bằng đá hoặc gỗ. Khi nghỉ thi công nóc và vách hang cần được chèn chắn đến tận gương, còn chính mặt gương cũng được chèn chắn xen kẽ.

Trong các đất đá yếu không ổn định việc đào hang cần tiến hành thế nào đó để loại trừ khả năng sụt lở đất đá, mà hậu quả của nó là phát triển sự dịch chuyển của đất đá xung quanh và tăng đáng kể áp lực địa tầng. Trong các trường hợp đã khảo sát trên, việc chèn chắn bề mặt hang được tiến hành sau khi đã thải đất đá. Trong các đất đá yếu không ổn định điều đó là không được phép, mà người ta phải áp dụng thứ tự ngược lại: Đầu tiên phải đảm bảo gia cố chu vi hang, sau đó tiến hành đào đất đá. Để làm việc này người ta áp dụng vì chống đóng chắn, tựa lên khung chống kín (hình 1.7) bố trí cách nhau  $0,8 \div 1,0\text{m}$ , hoặc trong trường hợp áp lực đặc biệt lớn thì chúng được ghép liền. Trong trường hợp cần thiết phải ngăn ngừa hiện tượng trôi nền thì phía dưới của dầm nằm cũng được lát xít chắn.

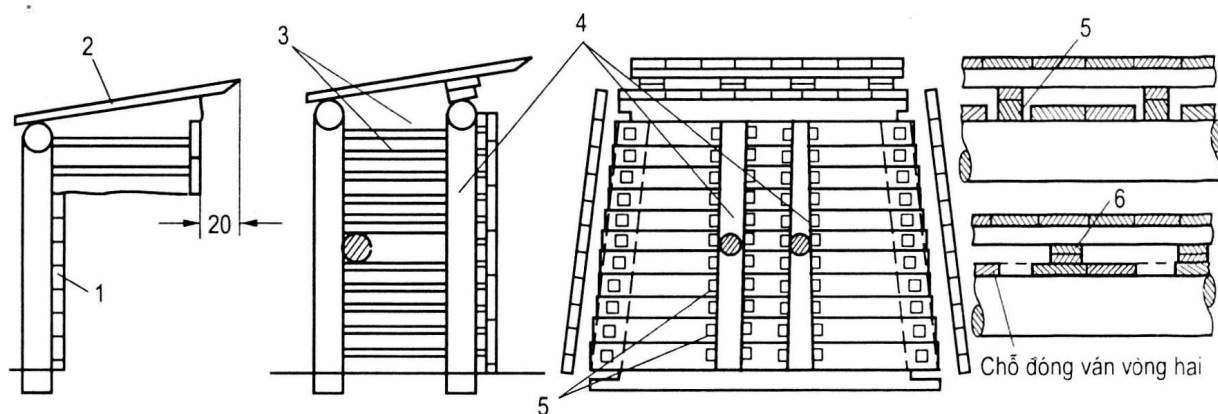


**Hình 1.7:** Vì chống hang dẫn trong địa tầng không ổn định

1. Giằng; 2. Nệm; 3. Ván kê ngang; 4. Dầm nóc; 5. Cột; 6. Dầm kê;  
7. Cọc; 8. Ván đóng; 9. Rãnh nước

Vì chống đóng chắn bao gồm các chắn, đóng xiên một góc nhỏ với trục dọc của hang và có vát nhọn đầu sao cho khi đóng lực kháng của đất đá sẽ ép đầu chắn ra phía ngoài hang. Đóng chắn được tiến hành như sau (hình 1.8). Lớp chắn đầu tiên được đóng trên khung chống đặt sát chắn chèn gương. Dưới sự bảo vệ của chắn đóng như vậy, tháo  $1 \div 2$  chắn chèn gương, đào đất đến độ sâu, mà đầu chắn đóng vẫn còn ngàm vào đất đá  $20 \div 30\text{cm}$ . Chắn chèn gương được chuyển vào vị trí mới cách vị trí ban đầu một khoảng bằng bước của khung chống. Chắn chèn gương đã chuyển vào vị trí mới được giữ bằng các thanh chống dọc, có chiều dài thích hợp, những thanh này tựa lên các cột khung ở phía sau. Bằng cách như vậy việc đào đất đá được thực hiện ngay trên toàn chiều dài hay một phần của bước đào và việc gia cố (chống) được thực hiện trên toàn chiều cao của gương. Trong trường hợp đào chỉ một phần của gương thì chu kỳ đóng tiếp chắn và đào đất đá được lặp lại cho đến hết bước đào. Khi kết thúc đào và đóng chắn trên toàn bước đào, tiến

hành dựng dầm nóc trên hai cột chống phụ, hai cột này tựa lên dầm kê và chống văng vào khung chống của chu kỳ trước. Dưới đầu ván đóng đặt thanh gỗ kê ngang, giữa gỗ kê ngang và dầm nóc được đóng các nêm cao, tạo nên một khe hở, chiều cao của nó bằng tổng chiều dày của ván đóng và nêm tiêu chuẩn. Sau đó người ta tháo các thanh chống dọc, đặt các cột của khung chống và đóng nêm giữa chúng và đầu ván chèn gương. Trong thời gian tiến hành các việc trên, ván chèn gương được nêm giữ với các cột phụ đã dựng ở cuối chu kỳ đào.



**Hình 1.8:** Đào hang có sử dụng đóng ván

1. Ván chống mặt gương; 2. Ván đóng; 3. Thanh văng;  
4. Cột chống phụ; 5. Nêm cao; 6. Nêm tiêu chuẩn

Lớp ván tiếp theo được đóng vào khoảng trống giữa các nêm cao, giữa các ván này và gỗ kê ngang được đóng các nêm tiêu chuẩn, sau đó tháo dỡ các nêm cao và đóng các ván còn lại tại vị trí của các nêm cao tạo nên màn chắn ván kín khít.

Việc chống đỡ các vách bên của hang được thực hiện hoàn toàn tương tự, không được chậm sau chống nóc hang.

Để đảm bảo thoát nước từ gương ra người ta đặt rãnh thoát rộng 30 - 40cm, sâu 40 - 60cm (tuỳ thuộc vào lưu lượng của nước ngầm) với độ dốc không nhỏ hơn 3‰, vách của rãnh trong trường hợp cần thiết cũng được chống ván để tránh xói lở, trên mặt có lát ván.

Khó khăn đặc biệt là đào hang dẫn trong đất yếu no nước và trong cát chảy, việc vỡ nước qua những chỗ không chặt, kín của vì chống kéo theo những nguy hiểm do sụt hang và độ lún lớn. Để ngăn chặn các hạt đất nhỏ vào hang cùng với nước, người ta sử dụng đóng ván cừ, khe nối giữa chúng là các mộng lùa. Để chặn vỡ nước vào hang tại các góc hang, nơi ván đóng thường xòe ra dạng nan quạt, người ta sử dụng ván góc chuyên dụng, có bề rộng thay đổi. Để tăng cường cho vì chống hang dẫn do phải chịu ở gương những áp lực phụ khi đóng ván, người ta sử dụng các khung chống lồng vào trong khung chống hang dẫn. Để làm được việc đó cần phải đưa vào các góc của khung chống các dầm dọc tựa lên cột và các dầm nóc và dầm kê của khung chống kín.

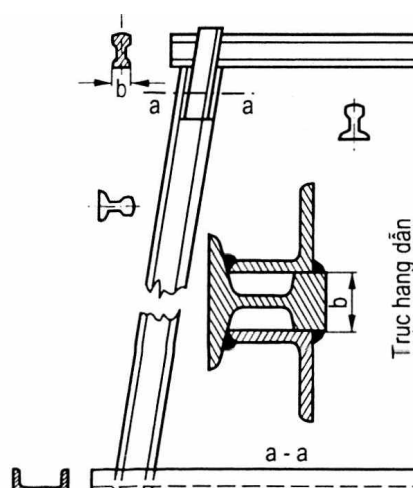
Việc dựng các khung chống lồng làm giảm nhịp tính toán của dầm nóc và cột, tạo điều kiện tăng cường sự ổn định chung của các vì chống.

Đôi khi, để ngăn chặn các hạt bụi bào mòn ở phía ngoài rồi vào hang cùng với nước, mặt ngoài của khung chống lồng có lát ván, không gian giữa ván này và ván của khung chống chính được lấp đầy bằng các vật liệu lọc.

Việc đào hang trong đất yếu bão hoà nước, tin cậy hơn cả là dùng khí nén để ép nước và tăng cường sự ổn định cho đất no nước hoặc bằng các phương pháp đặc biệt khác.

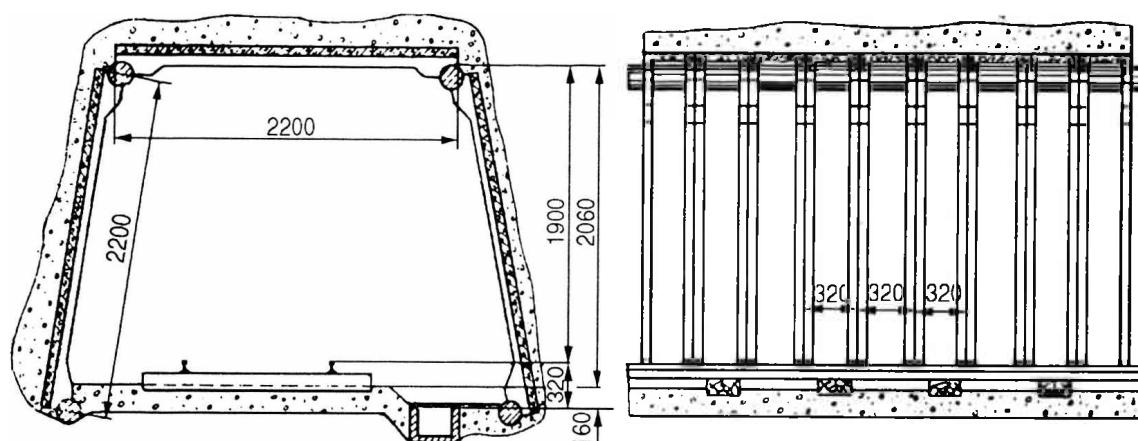
Vì chống gỗ thường cong kênh, do đó tiết diện hang thường tăng một cách vô ích, vì chống gỗ có biến dạng lớn, dẫn đến lún và dịch chuyển đất đá xung quanh hang, và vì chống gỗ, về nguyên tắc, không được sử dụng lặp lại. Ưu điểm của vì chống gỗ là có khả năng biến dạng lớn mà không phá huỷ, điều đó tạo nên khả năng áp dụng các biện pháp gia cường để chịu được áp lực đất vượt các giá trị tính toán.

Để khắc phục những nhược điểm của vì chống gỗ và tình trạng khan hiếm vật liệu gỗ ngày càng tăng người ta đã đưa vào sử dụng các vì chống kim loại, bê tông cốt thép và các vì chống chuyên dụng khác. Trên hình 1.9 là một vì chống thép đã được sử dụng rộng rãi ở Liên Xô và một số nước khác. Dầm nóc và cột của vì chống này được chế tạo bằng ray đường sắt III-a (mác ray Liên Xô cũ), nối ở góc bằng mộng còn dầm kê là thép U đặt trên sàn hang.



**Hình 1.9:** Vì chống hang dẫn bằng thép

Đối với những hang để lâu dài với vì chống tạm, người ta sử dụng hợp lí vì chống chế sẵn bằng bê tông cốt thép. Ưu điểm của nó là lắp ráp thuận lợi, không bị rỉ và tiết kiệm, dùng đi dùng lại được nhiều lần. Trên hình 1.10 là một vì chống như vậy.



**Hình 1.10:** Vì chống hang dẫn bằng bê tông cốt thép

## §6. LIÊN HỆ CÁC HANG NGANG THEO CHIỀU CAO

Trong quá trình xây dựng hầm các bộ phận hang nằm ở các mức khác nhau, nối với nhau để cho người đi lại, thải đất đá đào ra ở các mức trên cao, cũng như để đưa lên các bộ phận trên cao vật liệu (trong đó có gỗ chống). Ngoài ra các lối thông như vậy còn để mở gương mới, khi bắt đầu phần đào mở rộng.

### 1. Mở hang dẫn trên

Việc mở hang dẫn trên được bắt đầu từ việc làm một sàn an toàn ở phía trên đường vận chuyển, có thành cao không nhỏ hơn 15cm để đảm bảo an toàn cho vận chuyển ở hang dẫn dưới. Đầu tiên đào từ dưới lên trên đến nóc của hang dẫn trên một lối thông thẳng đứng 1 kích thước 70 × 70cm (hình 1.11).

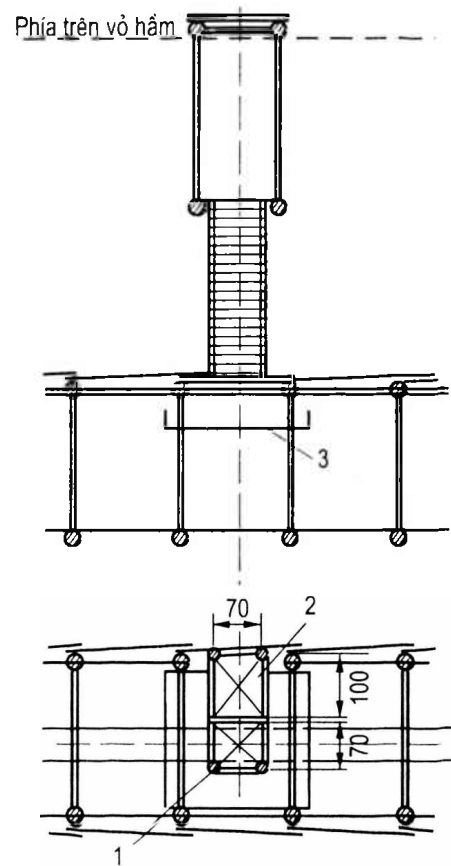
Trong đá cứng việc đào bằng cách nổ mìn các lỗ mìn khoan song song, trong đất đá mềm không ổn định thì đào thủ công cùng với việc chống đỡ cẩn thận đến cách gương không lớn hơn 1 mét, có chèn ván ở nóc hang.

Trong các đất bão hoà nước việc đào được tiến hành cùng với việc khoan lỗ khoan vượt trước không nhỏ hơn 2 mét để đề phòng tình trạng vỡ nước hoặc cát chảy vào hầm. Để chống đỡ lối thông thường sử dụng các khung chống chế sẵn bằng ván, có chiều dày không nhỏ hơn 7cm.

Sau khi đào đến hết chiều cao thì tiến hành mở rộng phần trên của lối thông đến kích thước, đảm bảo dựng được hai khung chống của hang dẫn trên, cùng với việc chống đỡ nóc và vách hang. Để đảm bảo khả năng đào được hang dẫn trên, lối thông được mở rộng từ trên xuống, trên suốt chiều cao để ngoài ngăn vận chuyển, còn có ngăn 2 được ngăn che và có trang bị thang cho người đi lại, với kích thước thông thuỷ không nhỏ hơn 100 × 70cm. Vách ngăn có dạng các giằng chống bằng gỗ tròn có lát xít ván dày không nhỏ hơn 5cm. Cả hai ngăn đều phải có nắp đậy có bản lề ở mức đáy của hang dẫn trên, vách ngăn cho người đi phải có thành xung quanh, cao không nhỏ hơn 25cm.

### 2. Lối thông để thải đất đá

Trong quá trình đào hang dẫn trên (hoặc phần còn vượt trước) cứ một đến hai đợt hầm (6,5 - 13m) lại đào một lối thông thẳng đứng để thải đất đá từ trên xuống các thiết bị vận chuyển trong hang giao thông ở phía dưới.



**Hình 1.11:** Mở hang dẫn trên

1. Lỗ phễu; 2. Lối cho người;  
3. Sàn che trên đường vận chuyển

Trong các đất đá mềm không ổn định những lối này đào thủ công từ trên xuống dưới cùng với việc ghép xít các khung chống bằng ván (trong đá yếu) hoặc đóng ván theo khung chống bằng gỗ tròn, đường kính 12cm đặt cách nhau không thưa hơn 100cm.

Trong đá cứng thì không cần chống đỡ lối thông, đặc biệt là khi nó có dạng tròn hoặc ô van, khi đó chỉ cần ghép ván theo chu vi lối thông để tránh vướng đá khi thải.

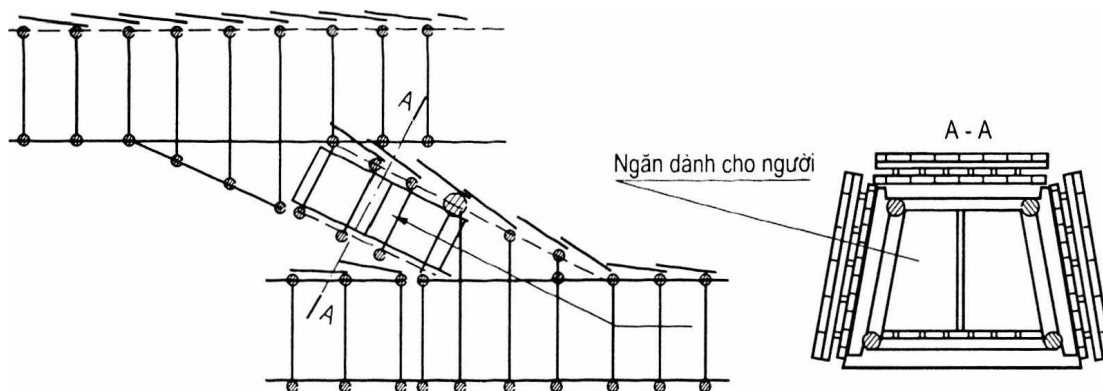
Lối để thải đá được trang bị thiết bị phân phối ở phía dưới để chất đá vào goòng. Ở phía trên cần phải có lưới chắn an toàn, với kích thước ô lưới không lớn hơn  $30 \times 30\text{cm}$ .

### 3. Lối thông cấp vật liệu

Việc cấp vật liệu lên hang dẫn trên (hoặc lên cho phần vòm) được tiến hành qua những lối thông tiết diện lớn, có trang bị thiết bị nâng, tính cho tải trọng bằng một goòng.

Các vật liệu dài (dầm dọc, cột, và các cấu kiện thép khác...) được cấp lên hang dẫn trên qua các lối thông xiên hoặc bậc thang.

Lối thông xiên (hình 1.12) là một hang dẫn, đào nghiêng một góc  $30^\circ$  với phương ngang, có chống đỡ bằng các khung chống kín, đặt vuông góc với trục hang. Tiết diện ngang của lối thông như vậy có chiều cao không nhỏ hơn 1,8m và chia làm hai phần: ngăn cho vật liệu, có sàn lát ván phẳng, ngăn cho người, có chiều rộng không nhỏ hơn 0,7m có trang bị thang có tay vịn.

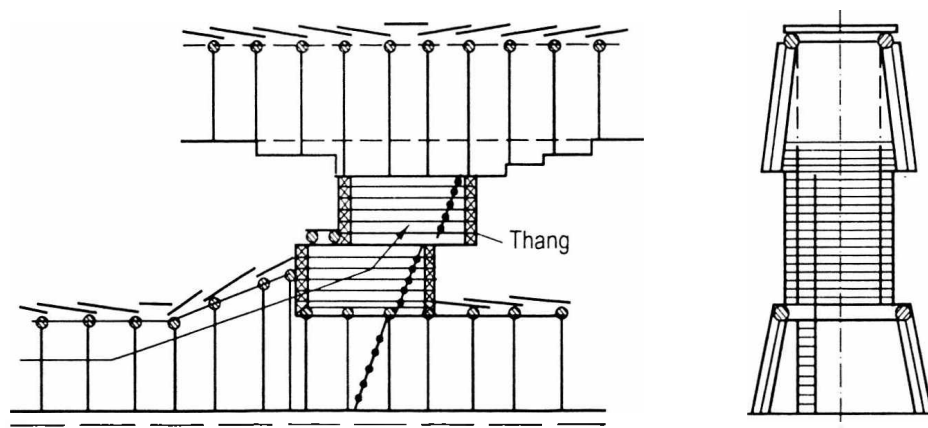


Hình 1.12: Lối thông xiên

Ưu điểm của lối thông xiên là ở tính tổng hợp, cho phép thiết lập nhanh chóng, an toàn không chỉ trong đất đá ổn định mà cả trong đá yếu. Nhược điểm của nó là chiều dài lớn và khối lượng đào đất đá và gia cố là đáng kể, cũng như vị trí nằm nghiêng là bất lợi cho sự làm việc tính với áp lực thẳng đứng. Do đó các khung chống xiên thường phải được tăng cường bằng các khung lồng, đặc biệt là trong đất đá yếu, không ổn định.

Trong các đất đá, có áp lực đất thẳng đứng chiếm ưu thế, thì lối thông bậc thang, chỉ ra trên hình 1.13 tỏ ra kinh tế hơn, vách của lối thông được chống bằng các khung chế sẵn. Các kích thước dọc của lối thông được quyết định bằng đồ giải, từ điều kiện di chuyển được một cách dễ dàng những cấu kiện vì chống dài nhất. Bề rộng của lối thông

thường lấy bằng bề rộng của hang dẫn trên. Lối thông bậc thang có chiều dài nhỏ nhất và khối lượng đào đất cũng không quá lớn.



Hình 1.13: Lối thông bậc thang

Các lối thông xiên và bậc thang được sử dụng để đưa từ hang dẫn dưới lên phần bên trên các ống thông gió, các thiết bị phụ trợ khác. Những yếu tố này cũng cần được xét tới khi quyết định các kích thước tiết diện của lối thông.

## §7. ĐÀO MỞ RỘNG PHẦN TRÊN HANG

Việc đào chuyển từ hang dẫn trên, có kích thước không lớn, sang hang có bề rộng bằng bề rộng thiết kế của hầm là giai đoạn quan trọng nhất và nó được gọi là đào mở rộng phần trên (phần vòm). Do tăng nhịp hang mà áp lực đất tăng một cách đáng kể. Tốc độ tăng của áp lực đất phụ thuộc vào mức độ phá hoại sự cân bằng của khối địa tầng bao quanh hang khi đào mở rộng và cũng phụ thuộc khá nhiều vào đặc trưng của vì chống tạm được sử dụng.

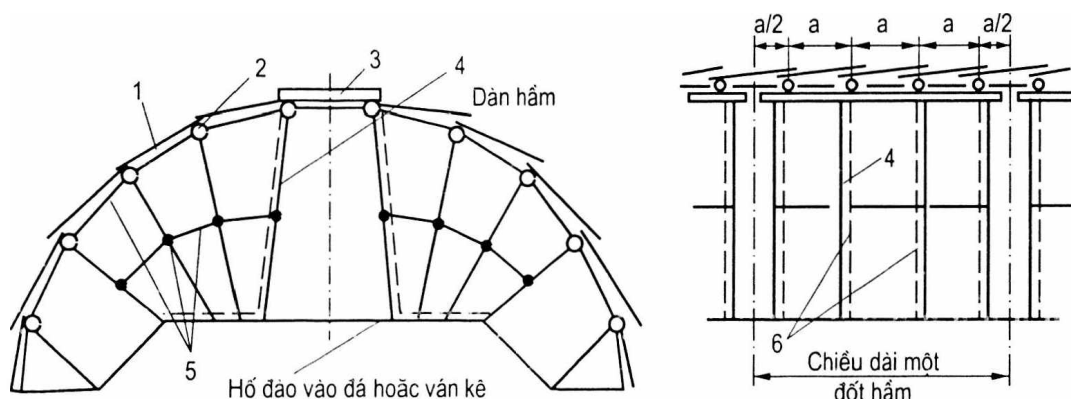
Việc mở rộng tiết diện hầm đến toàn mặt cắt và đổ bê tông vỏ hầm được thực hiện theo từng đốt, chiều dài của đốt hầm được xác định phụ thuộc vào các điều kiện địa chất, trong phạm vi từ 4 đến 6,5 mét. Trong những điều kiện đặc biệt khó khăn, khi áp lực đất tăng nhanh và lưu lượng nước ngầm lớn thì cho phép giảm đốt hầm đến 2 mét.

Khi đào mở rộng phần vòm trong các đất đá cần chống đỡ, thì vì chống dạng nan quạt được sử dụng phổ biến, các cấu kiện cơ bản của nó là những dầm dọc có chiều dài bằng chiều dài của đốt đào mở rộng; các ván giữ nóc hang được đặt hoặc đóng theo phương ngang và tựa lên các dầm dọc; các cột chống xiên và các giằng.

Việc đào mở rộng phần vòm được bắt đầu không sớm hơn khi hang dẫn trên đã đào được ba đốt và có không ít hơn hai lối thông đứng giữa hang dẫn trên và hang dẫn dưới. Trước khi đào mở rộng cần phải gia cường vì chống của hang dẫn trên và đảm bảo có điểm tựa cho các ván chèn bằng cách dựng khung chống phụ (hình 1.14). Thành phần của khung chống phụ gồm: dầm dọc ( $d = 22 \div 30\text{cm}$ ), các cột kê giữ dầm dọc ( $d = 20 - 25\text{cm}$ )



và giằng ngang ( $d = 12 \div 15\text{cm}$ ). Các cấu kiện của khung chống phụ được nối với nhau bằng mộng và đinh đĩa.



**Hình 1.14:** đào mở rộng phần vòm

1. Ván; 2. Dầm dọc; 3. Dầm nóc; 4. Cột tăng cường; 5. Giằng; 6. Cột chống đã tháo đi

Các cột được đặt trong những mặt phẳng khác với các cột của khung chống hang dẫn tựa trực tiếp vào các hố lõm trên đá hoặc trên dầm kê được nê chặt để toàn bộ tải trọng lên khung chống phụ mà trước đây các cột chống hang dẫn tiếp nhận. Tốt nhất là đưa các cột vào làm việc mà không cần nê, bởi vì dưới tác dụng của các chấn động nê có thể bị trượt và đòi hỏi phải quan tâm kiểm tra thường xuyên.

Yêu cầu trên có thể đạt được bằng cách sử dụng cột có chiều dài lớn hơn một chút so với khoảng cách giữa mép dưới của dầm dọc và mặt kê, có mộng miệng bát ở đầu trên. Đặt cột hơi nghiêng dọc theo trục của dầm dọc, bằng cách đóng cho cột trở về vị trí thẳng đứng, dù có bị ép mặt một chút ở đầu mộng miệng bát nhưng dầm dọc cũng được nâng lên và ép chặt vào các dầm nóc của khung chống.

Sau khi dựng khung chống phụ trên ba đốt liên tiếp, người ta tiến hành đào mở rộng ở đốt giữa, bằng cách tháo các ván chèn vách hang dẫn ở phía trên và trong trường hợp cần thiết thì đóng ván theo phương ngang để gia cố nóc phần mở rộng. Dưới sự che chở của những ván này tiến hành đào đất đối xứng về hai phía của hang dẫn trên cùng với việc tháo bỏ dần ván chèn vách bên của hang dẫn trên. Khi đào đất đến cách đầu ván đóng ngang 20 - 30cm tiến hành đặt thanh ván kê ngang dày  $6 \div 7\text{cm}$ , dầm dọc thứ hai và các cột giữ dầm dọc. Giữa dầm dọc và thanh ván kê được đóng các bộ nê cao, lớp ván đóng tiếp theo được đóng vào khoảng hở giữa các nê cao rồi tiếp tục đào đất đá cho đến khi đạt được tiết diện thiết kế.

Vị trí của các dầm dọc theo chiều cao cần xét đến độ lún có thể của chúng trong thời gian đào hang và đổ bê tông vỏ hầm. Nếu trong thời gian đổ bê tông các dầm dọc được tháo đi, thì chúng được bố trí sao cho sau khi lún các ván nó chống giữ vẫn nằm ngoài giới hạn đường biên thiết kế của vỏ hầm. Nếu việc tháo bỏ các dầm dọc kéo theo những nguy hiểm do lún nóc hang, thì các dầm dọc phải nằm ngoài biên thiết kế của vỏ có xét

đến độ lún có thể của chúng. Khi chiều cao cột lớn hơn 2 mét thì chúng được giằng bằng các giằng dọc và giằng ngang, đặt ở khoảng một nửa chiều cao của cột.

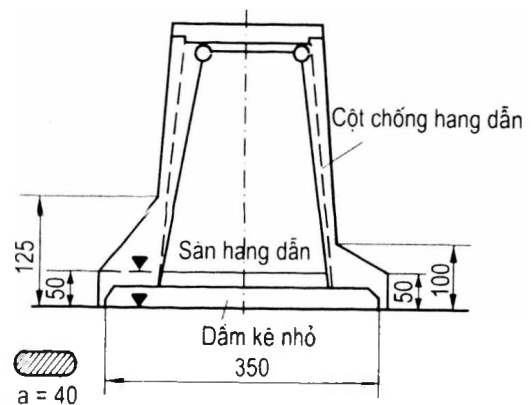
Trong các đất đá không đòi hỏi phải đóng ván, thì đầu tiên dựng cột và dầm dọc, sau đó chèn ván, đặt các thanh kê ngang và nẹp chặt ván vào đất đá.

Sau khi kết thúc đào mở rộng phần vòm trong phạm vi một đốt, thì cũng dựng xong các dầm chống ngang dạng nan quạt bao gồm các cột và các giằng liên kết còn theo phương dọc là các dầm dọc và các giằng, vì chống kiểu này thường được gọi là dầm hầm.

Chiều cao của hang dạng vòm, đào mở rộng từ hang dẫn trên, bị hạn chế bởi chiều cao của hang dẫn, tức là không lớn hơn 3,5 mét. Trong một số trường hợp (khi xây dựng hầm bằng phương pháp vòm trước) người ta đào mở rộng phần trên có chiều cao lớn hơn bằng cách hạ nền đến vị trí chân vòm.

Khi đào mở rộng trong đá cứng đòi hỏi phải khoan nổ mìn, cần phải rất cẩn thận. Trước khi nổ mìn phần mở rộng vì chống hang dẫn cần được gia cường để đảm bảo sự ổn định. Các bộ phận mở rộng, nằm ở hai phía của hang dẫn, cần nổ mìn lần lượt, chỉ đào nửa thứ hai sau khi nửa thứ nhất đã được gia cố cẩn thận.

Nếu như trong quá trình đào hang tiếp theo đòi hỏi phải hạ nền trên toàn bề rộng phần mở rộng, thì nó được thực hiện làm 1 ÷ 2 quá trình từ mở rộng phần nhỏ (đôi khi trung bình) đến mở rộng lớn. Để giảm nhẹ việc hạ nền mở rộng trong thành phần của vì chống được đưa vào các dầm kê ngang để làm nền cho các cột của dầm hầm. Khi đào mở rộng phần nhỏ trong phạm vi một đốt, người ta đặt 4 ÷ 5 dầm kê ngang nhỏ, là gỗ cây tròn đường kính đến 40cm để phẳng hai mặt và chiều dài đủ để đặt trên nó tất cả các cột của dầm hầm nhỏ (hình 1.15). Các dầm kê đào mở rộng nhỏ được đặt trong một rãnh sâu 50cm, đầu của chúng được đặt vào các ngách đào vào hai bên vách của hang dẫn trên. Việc đào mở rộng nhỏ được thực hiện theo thứ tự đã nêu trên, chỉ khác là các cột được kê lên dầm kê mở rộng nhỏ.

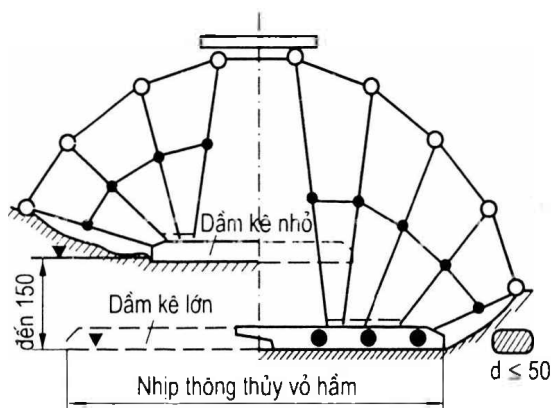


Hình 1.15: Đặt dầm kê đào mở rộng nhỏ

Để chuyển sang đào mở rộng phần lớn (đào mở rộng trung bình ít sử dụng) trong các rãnh đào ngang, ở đủ xa các dầm hầm đào mở rộng nhỏ, có chống đỡ phù hợp với độ cứng của đất đá, người ta đặt các dầm kê đào mở rộng lớn, là cây gỗ đường kính đến 50cm (hình 1.16) có vát hai mặt. Chiều dài của dầm kê lớn, đặt ở mức chân vòm, lấy nhỏ hơn một chút so với nhịp thông thủy của vỏ hầm. Để có thể đưa vào và lắp đặt dầm kê vào vị trí, nó được ghép mộng từ hai nửa. Sau khi đặt tất cả các dầm kê lớn vào vị trí trong phạm vi một đốt, tiến hành chống đỡ lại nóc hang từ các cột mở rộng nhỏ sang các

cột mở rộng lớn. Việc đưa các cột này vào làm việc, giống như đã nêu trên, là không dùng nệm. Sau đó tháo bỏ các cột, giằng và dầm kê của đào mở rộng nhỏ.

Vì chống cuối cùng của đào mở rộng lớn gồm các dầm hãm kê lên dầm kê lớn như trên hình 1.16 (nửa bên phải).



**Hình 1.16:** Đào mở rộng lớn

Việc đào mở rộng phần vòm có sử dụng vì chống chế sẵn bằng thép là thuận lợi và hợp lý hơn về mặt kỹ thuật. Đặc biệt là khi sử dụng vì chống giá vòm liên hợp cùng với việc đóng ván dọc (xem chương 2).

Khi đào mở rộng tiết diện hang cần phải hạn chế tối đa đào vượt đất đá, làm tăng khối lượng đào và tăng khối lượng bê tông vỏ hầm. Đào vượt theo chiều cao cho phép không lớn hơn 50mm, đào vượt trên mặt bằng khi đào bằng búa chèn không lớn hơn 100mm và khi đào bằng nổ mìn là không lớn hơn 150mm.

## Chương 2

# XÂY DỰNG HẦM BẰNG PHƯƠNG PHÁP MỎ

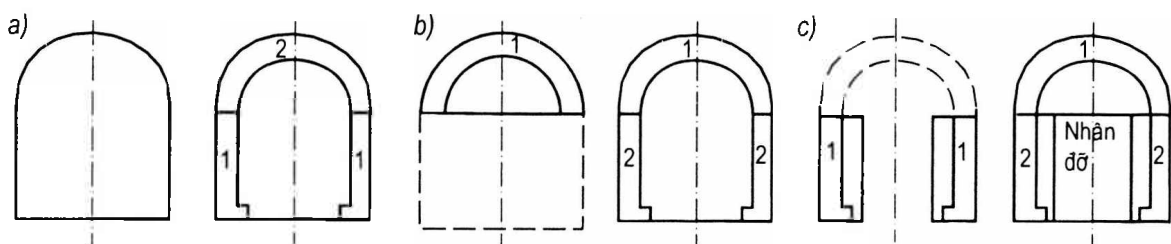
### §1. NHỮNG VẤN ĐỀ CHUNG

Tên gọi "Phương pháp mỏ" có quan hệ tương hỗ với công nghiệp khai khoáng, ở đây thường sử dụng phương pháp đào hang truyền thống bằng khoan nổ mìn trong đá cứng cùng với các vì chống tạm rồi xây vỏ hầm vĩnh cửu.

Xây dựng hầm bao gồm hai quá trình chính: Đào, tức là mở hang có kèm theo việc dựng vì chống tạm trong trường hợp cần thiết và xây vỏ hầm: xây tường, xây vòm. Tùy thuộc vào đặc điểm của công trình và các điều kiện địa kỹ thuật, các quá trình này được thực hiện theo những trình tự khác nhau và mở các diện thi công dọc theo hang khác nhau. Nội dung này xác định phương pháp thi công hầm.

Các phương pháp xây dựng hầm hiện nay có thể phân thành ba nhóm, đặc trưng bằng những điểm sau:

1. Đào toàn tiết diện (sau một quá trình hoặc theo từng phần), toàn bộ đất đá được đào và đưa ra ngoài, sau đó trong hang đã đào xong tiến hành xây vỏ hầm theo thứ tự tường - vòm (hình 2.1a).
2. Đầu tiên đào và gia cố phần vòm, trong phần này tiến hành xây ngay vòm 1 tựa lên đá (hình 2.1b). Sau khi đào phần giữa hang, hoặc qua giếng từ phần vòm, tiến hành lấy đất từ chân vòm và xây tường 2 theo từng đốt một.
3. Tường 1 của vỏ được xây dựng trong hang dẫn, sau đó đào mở rộng phần vòm, trong phần vòm tiến hành xây vòm 2 tựa lên tường đã xây (hình 2.1c). Dưới sự che chở của vòm hầm đã xây tiến hành đào nhân đất ở giữa, nhân đất này đã đóng vai trò kê giữ vì chống tạm.



**Hình 2.1:** Các giai đoạn chính trong xây dựng hầm

Việc mở rộng các công đoạn trong quá trình xây dựng hầm được xác định từ những điều kiện cụ thể. Với sơ đồ dây chuyền thì tất cả các quá trình đào hang và xây vỏ đều tiến hành song song ở hàng loạt vị trí thi công, phân bố dọc theo chiều dài hang. Theo mức độ dịch chuyển của gương đào, các khu thi công khác cũng dịch chuyển tịnh tiến theo. Với sơ đồ vòng, tất cả các quá trình cơ bản được thực hiện một cách tuần tự trong phạm vi một đốt, chiều dài của đốt được quyết định phù hợp với các điều kiện kỹ thuật, sao cho không có các biến dạng dư đáng kể ở nóc hang và liên quan đến nó là tăng áp lực địa tầng. Có thể dùng sơ đồ hỗn hợp, với sơ đồ này một số công việc tiến hành tuần tự trong phạm vi một đốt, các quá trình còn lại thì tiến hành song song.

Các phương pháp thi công xếp vào nhóm 1 bao gồm: Đào toàn tiết diện (theo phương án dây chuyền hoặc sơ đồ vòng), phương pháp bậc thang, phương pháp hang dẫn giữa, đào mở rộng phân vòm, bậc dưới.

Các phương pháp thuộc nhóm 2 bao gồm: phương pháp vòm trước (một hoặc hai hang dẫn, phân vòm vượt trước).

Nhóm ba bao gồm phương pháp nhân đỡ.

Phương pháp thi công hầm được lựa chọn phụ thuộc vào các đặc điểm địa chất công trình, địa chất thuỷ văn của khu vực đặt hầm; kích thước tiết diện ngang hầm; chiều dài hầm và những điều kiện địa phương (khả năng cơ giới hoá, các vật liệu chống đỡ trình độ chuyên môn của đội ngũ kỹ thuật, công nhân, thời hạn xây dựng). Trong số những đặc điểm trên thì yếu tố quan trọng và quyết định là độ cứng của địa tầng bao quanh, chúng quyết định hình thức, yêu cầu đối với kết cấu chống đỡ tạm và vỏ hầm. Về phương diện này người ta phân chia ra làm địa tầng mềm yếu và địa tầng cứng chắc.

Trong các địa tầng yếu (cát, á cát), mềm (á sét và sét) và các địa tầng nửa cứng (đá diệp thạch sét bão hoà, mergeli) có thể phát sinh áp lực địa tầng lớn. Vì thế để giảm áp lực đất, tiết diện hầm được chia thành các mảnh khá bé, ngay lập tức phải dựng vì chống tạm (tốt nhất là vì chống gỗ), loại trừ khả năng sụt lở đất đá. Vì chống thường gồm khá nhiều cấu kiện, chất đầy hang, hạn chế khả năng cơ giới hoá quá trình thi công. Việc đào đất đá trong những điều kiện như thế này thường là thủ công với các công cụ cầm tay như xẻng hơi, búa chèn. Bốc đá cũng thủ công hoặc bằng máy xúc loại nhỏ. Việc xây vỏ thường liên quan đến việc phải tháo bỏ, thay thế vì chống tạm, nên cũng thường là thủ công, cấp bê tông bằng goòng vì điều kiện không cho phép áp dụng các thiết bị đổ bê tông cơ giới.

Trong đá cứng có thể phân chia tiết diện thành các mảnh lớn hơn, thậm trí có thể đào toàn tiết diện hang ngay một lúc. Khi đó vì chống tạm thường chỉ chiếm phần không gian dọc theo chu vi hang, không gian bên trong tự do. Nhờ đó mức độ cơ giới hoá thi công có thể đáng kể. Việc đào đất đá thông thường bằng phương pháp khoan nổ mìn, có sử dụng các máy khoan có năng suất cao. Xúc đá bằng máy xúc, chuyên chở đá bằng goòng hoặc ô tô tự đổ. Để đổ bê tông vỏ người ta sử dụng ván khuôn kim loại di động, tạo diện thi công đủ để áp dụng các thiết bị cơ giới để đổ bê tông.

## §2. XÂY DỰNG HẦM TRONG ĐÁ NỬA CỨNG, MỀM VÀ YẾU

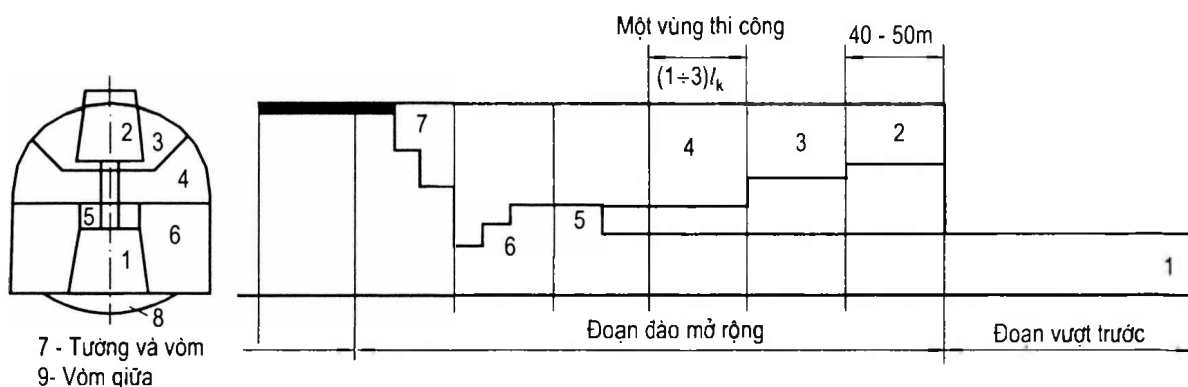
Trong địa tầng nửa cứng và mềm để xây dựng hầm người ta sử dụng phương pháp vòm trước, đôi khi là phân mảnh đào toàn tiết diện. Trong các địa tầng yếu là phương pháp nhân đỡ, phương pháp nước áo mới (NATM), phương pháp chống trước vách...

Chống đỡ tạm chủ yếu là vì chống nan quạt gỗ, gồm những dầm, cột được lắp ráp với nhau thành các dàn dạng nan quạt trong một mặt phẳng theo hướng từ giữa tiết diện dần ra biên.

### 1. Phương pháp phân mảnh đào toàn diện

Phương pháp này được áp dụng với hai phương án: dây chuyền hoặc sơ đồ vòng theo chiều dài hang.

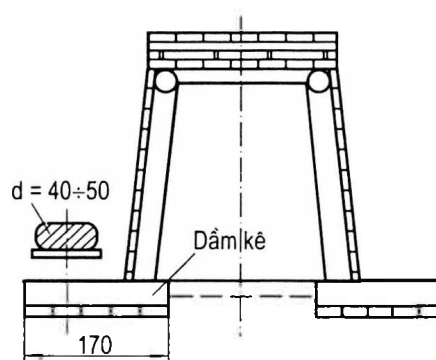
Trong trường hợp thứ nhất (hình 2.2) việc mở rộng ra toàn tiết diện bắt đầu từ hang dẫn 2, được đào từ hang dẫn 1. Sau khi đào hang dẫn 2 được một khoảng không nhỏ hơn 3 đốt (chiều dài mỗi đốt thường không lớn hơn 4 mét), không lớn hơn  $(40 \div 50)$  mét thì tiến hành đào mở rộng phần nhỏ 3 trên chiều dài một đốt, đào mở rộng phần lớn 4 có hạ nền tương ứng. Cột chống hang dẫn và dàn chống mở rộng phần nhỏ là ở trong những mặt phẳng khác nhau (xem hình 2.4).



**Hình 2.2:** Phương án dây chuyền của phương pháp phân mảnh đào toàn tiết diện

Giai đoạn tiếp theo là chuẩn bị nền trong hang dẫn dưới để mở rộng ra vì chống toàn tiết diện hang. Để làm việc này, trong mặt phẳng dàn chống mở rộng phần lớn đặt các dầm kê đường kính đến 50cm, cắt làm hai nửa, đỉnh của dầm kê này trùng với đỉnh dầm kê của khung chống hang dẫn dưới (xem hình 2.3).

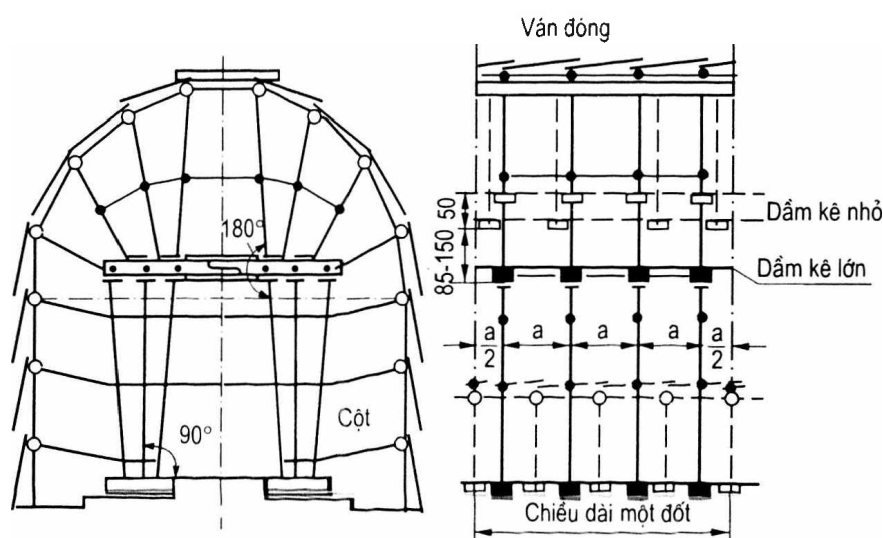
Sau khi đào phần thông 5 (xem hình 2.2) người ta đặt hai cột chống phía dưới sao cho thẳng hàng với hai cột đầu tiên của vì chống mở



**Hình 2.3:** Đặt dầm kê trong hang dẫn dưới

rộng phần vòm. Tiếp theo từ giữa của đốt đào tiến hành đào mở rộng đối xứng phần 6 và đặt tiếp các cột chống. Cặp thứ hai của cột chống mở rộng phía dưới là đặt thẳng đứng (hình 2.4). Các cột chống được nêm chặt giữa đầu trên cột chống và mặt dưới của dầm kê phía trên. Nhờ đó mà toàn bộ tải trọng sẽ được truyền xuống dầm kê phía dưới. Theo mức độ đào mở rộng, đến biên hang thì đặt các dầm dọc và ván chèn tựa lên nó để chống giữ vách hang. Giữa các cột và giữa các dầm hầm người ta đặt các giằng ngang, giằng dọc để đảm bảo ổn định của cả hệ vì chống.

Việc đặt vì chống như vậy, được thực hiện tuần tự từ giữa đốt ra biên và về hai phía để dần dần truyền tải trọng lên dầm hầm.



**Hình 2.4:** Vì chống hang đầy đủ

Việc xây dựng vỏ hầm được bắt đầu từ việc chuẩn bị dưới móng tường. Việc đổ bê tông có chứa lại phần gối kê hoặc hố móng cho phần vòm ngửa sau này. Việc đổ bê tông tường được tiến hành theo các giá vòm đặt giữa các dầm hầm cách nhau từ  $70 \div 120\text{cm}$  và ghép ván dần từ dưới lên cùng với việc tháo bỏ ván và các cột chống xiên, dầm dọc của dầm hầm.

Giá vòm gỗ thường được ghép từ ba lớp ván dày  $5 \div 7\text{cm}$ , ghép so le với nhau và đặt kê lên các nêm. Khi đặt giá vòm ở đỉnh có xét đến độ lún của vòm bằng từ 0,5 đến 1% nhịp và giảm dần đến bằng không ở chân vòm.

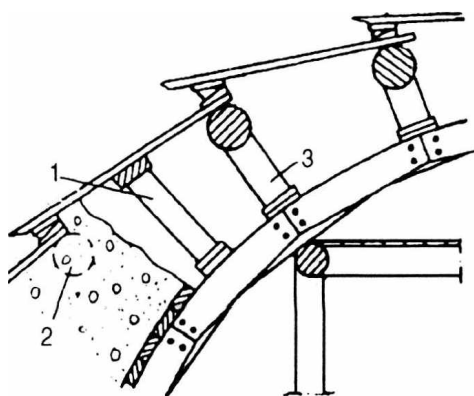
Giá vòm thép (bằng thép hình) thường là hợp lý hơn giá vòm gỗ. Ưu điểm của nó là gọn, nhẹ và tính kinh tế càng tăng khi hầm càng dài do chúng dùng được nhiều lần.

Giá vòm được kê lên các dầm dọc, đặt trên các thép U và được giữ bằng các vì chống. Sau khi dựng các giá vòm thì các dầm dọc của dầm hầm được giữ bằng các cột chống ngắn, tựa lên giá vòm và do đó giá vòm tiếp nhận toàn bộ áp lực địa tầng. Đổ bê tông được tiến hành từng lớp ( $20 \div 30\text{cm}$ ) cùng với việc ghép ván khuôn trên giá vòm. Các cột chống ngắn được tháo dần đi trong quá trình đổ bê tông.

Với khoảng cách giữa các giá vòm  $\leq 120\text{cm}$  thì ván khuôn dày 5 - 7cm, rộng đến 15cm đảm bảo nhận được bề mặt vỏ hầm đúng như thiết kế.

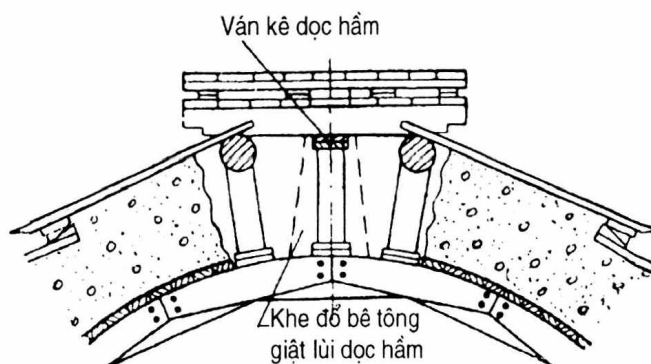
Trước khi tháo dầm dọc thì ván chống được giữ bằng một ván đặt ngang ở chính giữa và giữ bằng cột chống ngăn phụ (hình 2.5). Việc đổ bê tông cứ tiếp tục đến cột chống phụ. Sau khi tháo bỏ cột chống phụ thì bê tông được đổ đến dầm dọc tiếp theo và quá trình được lặp lại. Việc ngừng đổ bê tông với điều kiện nhiệt độ từ  $15 \div 20^\circ\text{C}$  là không được vượt quá 2 ÷ 3 giờ bởi vì mỗi lớp đổ bê tông đều phải được đầm chặt trước khi xi măng ninh kết.

Khi đổ bê tông đến cặp dầm dọc đầu trên giữ dầm nóc thì tiến hành khép đỉnh vòm (hình 2.6). Các dầm nóc trong một đốt đổ bê tông được giữ bằng hai ván dài tựa lên giá vòm bằng cột chống ngăn. Sau khi tháo bỏ một dầm dọc thì đổ bê tông đến giáp cột chống ngăn, sau đó làm tiếp cho dầm dọc còn lại. Cuối cùng tháo ván đỡ và cột chống ngăn rồi đổ bê tông khe còn lại theo phương dọc hầm và đặt dần ván khuôn giữa các giá vòm.



**Hình 2.5:** Đồ bê tông vòm cùng với việc tháo vì chống

1. Cột chống phụ; 2. Dầm dọc đã tháo đi;
3. Cột chống tựa lên giá vòm



**Hình 2.6:** Khép đỉnh vòm

Việc tháo ván khuôn cho phần vòm được xác định theo tiêu chuẩn, bằng cách tháo đối xứng các nẹp dưới các cột đỡ giá vòm.

Đất đá trong phạm vi vòm ngửa được đào theo từng đoạn ngắn, không lớn hơn một nửa chiều dài của đốt đổ bê tông vỏ hầm. Để đề phòng hiện tượng trôi nền và trượt chân vòm người ta đặt các thanh giằng ngang giữa hai chân vòm, khi có áp lực bên lớn.

Sơ đồ mở rộng công tác thi công theo chiều dài hang được mô tả trên hình 2.2. Chiều dài của mỗi đoạn, trên đó tiến hành những công việc như nhau chiếm từ 1 ÷ 3 đốt hầm. Chiều dài chung của phần mở rộng (không xét đến đoạn thi công vòm ngửa) là đến 18 đốt hầm.

Khi gặp địa tầng yếu, chiều dài đoạn thi công được rút ngắn để có thể xây dựng được vỏ hầm trước khi có sự dịch chuyển của địa tầng do đào hang dẫn và mở rộng đến biên thiết kế của hang.



Khi thi công theo sơ đồ dây chuyền, đoạn thi công được bố trí gián đoạn và trong mỗi đoạn có từ một đến ba đội công nhân thực hiện một số công việc như nhau.

Ưu điểm của phương pháp là: chia nhỏ gương đào ra làm một loạt các gương nhỏ không cần phải chống đỡ, có diện thi công rộng, cho phép sử dụng đồng thời một số lượng lớn công nhân, dịch chuyển gương khá nhanh do tiến hành đồng thời các công việc trên một số đốt hầm, tính toán khối của vỏ hầm tốt do đổ bê tông liên tục trong phạm vi mỗi đốt vỏ hầm.

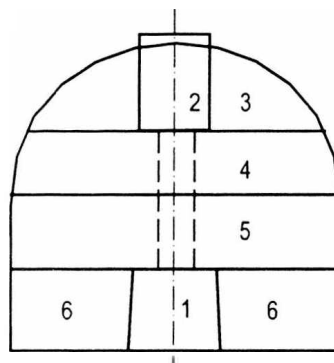
Với một đoạn thi công gồm một đến ba đốt hầm, dài 4 mét thì hang với toàn bộ bề rộng ở trên vì chống tạm có chiều dài từ 20 đến 60 mét. Tuy nhiên điều đó không phải là nguy hiểm, bởi vì trị số của áp lực địa tầng không xác định theo chiều dài mà là theo bề rộng hang. Điều đó có ý nghĩa chính là độ dài thời gian để hang với vì chống tạm. Với tốc độ di chuyển gương đều đặn thì khoảng thời gian từ lúc đào đến khi kết thúc việc đổ bê tông vỏ của phương pháp là không lớn. Trong trường hợp cần thiết có thể rút ngắn bằng cách rút ngắn chiều dài vùng thi công xuống chỉ còn một đốt hầm.

Tuy nhiên phương pháp có nhược điểm đáng kể, làm hạn chế khả năng áp dụng của phương pháp này. Kết cấu vì chống tạm rất phức tạp, đòi hỏi chi phí một lượng gỗ khá lớn, giá thành cũng khá cao. Đặc biệt trong điều kiện nước ta, cũng như nhiều nước trong khu vực, gỗ là vật liệu khan hiếm.

Số lần thay thế vì chống nhiều, khi truyền tải trọng là áp lực đất từ vì chống của hang nhỏ sang vì chống hang lớn không tách khỏi có độ lún ở nóc hang do dầm kê bị ép vào địa tầng, do ép mặt các mộng và nêm v.v... (thường  $5 \div 10\text{cm}$  và lớn hơn cho một lần thay thế vì chống). Tính phức tạp của quá trình thi công; vì chống chất đầy hang làm hạn chế việc cơ giới hoá quá trình thi công. Chính vì những lý do trên, phương pháp này không được áp dụng khi cần đào nhanh và trong điều kiện đô thị hiện nay, nơi không cho phép xảy ra hiện tượng lún bề mặt khu vực xây dựng.

Phạm vi áp dụng của phương pháp này là đào các hầm ngắn trong các địa tầng khá yếu, không đòi hỏi phải khoan nổ mìn, cần phải xây nhanh vỏ hầm trên toàn tiết diện ngang, khả năng cơ giới hoá thấp (như khi có áp lực bên của đất lớn).

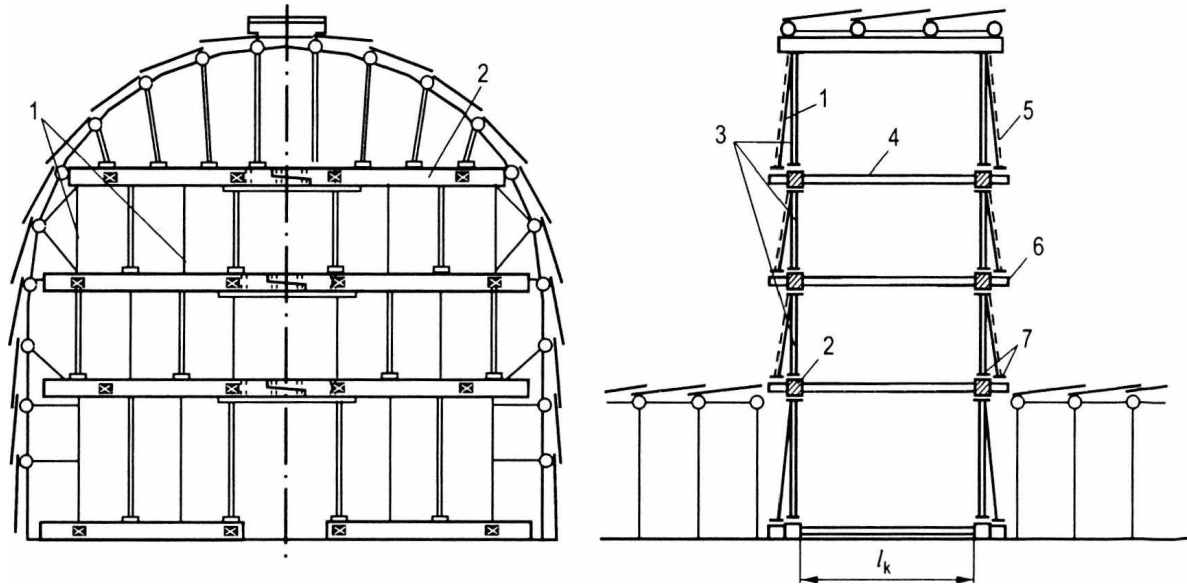
Trong các địa tầng ổn định hơn, có thể hiện áp lực đất thẳng đứng và áp lực bên không lớn nhưng không cho phép đào hang trên đoạn dài (ví dụ trong những hầm đi theo đường phương của lớp địa tầng), tất cả các quá trình đào, xây vỏ cần phải tiến hành tập trung trong phạm vi một đốt hầm. Chiều dài một đốt trong trường hợp này lấy giảm xuống  $3 \div 4$  mét để tránh sự cần thiết phải đặt các dầm hầm trung gian, hạn chế



**Hình 2.7:** Phương án vòng của phương pháp phân mảnh đào toàn tiết diện

chỉ có các dàn đầu hồi của đất đào. Khi đó trên suốt chiều cao hang chỉ được gia cố làm một vài giai đoạn trong quá trình đào, trình tự như trên hình 2.7.

Thực chất của phương pháp này (xem hình 2.7) từ hang dẫn dưới 1 là cơ sở để mở các gương đào trung gian - tiến hành đào hang dẫn trên 2 trên một chiều dài bằng một số đốt hầm. Gia cố hang dẫn trên bằng các khung chống gồm một cặp dầm dọc đầu trên tựa lên các cột kê lên nền ngoài phạm vi của đốt đào (hình 2.8).



**Hình 2.8:** Vi chống toàn hang

1. Cột chống xiên; 2. Dầm kê; 3. Dầm đầu hồi; 4. Giằng;  
5. Ván chèn đầu hồi; 6. Dầm kê; 7. Nêm

Sau đó đào mở rộng và tiếp tục đặt các cặp cột, dầm tiếp theo. Mặt đầu hồi của đốt đào được chèn ván 5 và giữ bằng các cột chống xiên 1.

Trong phần đào mở rộng đặt các dầm kê 2 giằng 4, đặt các cột thẳng đứng tạo nên dàn hầm đầu hồi 3.

Giai đoạn tiếp theo là đào mở rộng xuống phía dưới từ phần giữa của đốt hang, ở dưới của những chỗ dầm kê, đặt tiếp tục các dầm kê 6, nêm 7 và dựng cột xiên. Sau khi đào, đặt được cặp dầm kê mới, các cột thẳng đứng và giằng, quá trình đào và dựng dàn đầu hồi được tiếp tục lặp đi lặp lại như vậy cho đến lớp cuối cùng.

Trong không gian một đốt hang được tạo nên, tiến hành xây ngay một vòng vỏ hầm. Ưu điểm của phương pháp này là hoàn thành nhanh, một tổ hợp công việc từ đào cho đến xây một đốt hầm ở trong hang trên một đoạn không lớn. Áp lực đất sẽ không phát triển hoàn toàn như phương án dây chuyền và việc xây đốt vỏ trong một không gian không bị chất đầy vì chống. Điều này có ý nghĩa đặc biệt khi đào một buồng ngắn để lắp ráp vòng vỏ hầm lắp ghép, cần được tiến hành với độ chính xác cao, nhất là thi công các buồng để lắp ráp khiên trong phương pháp khiên đào.

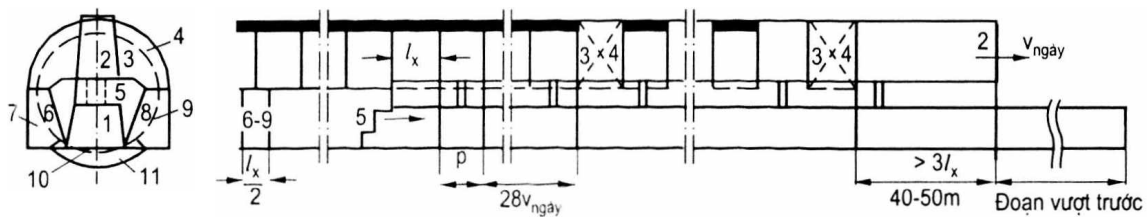
Nhược điểm của phương pháp là cần phải chống đỡ trên toàn tiết diện trong phạm vi một đốt hầm; việc tháo bỏ các dầm dọc trong quá trình đổ bê tông vỏ là rất khó khăn bởi vì các đốt bên cạnh chưa được đào mở rộng.

## 2. Phương pháp vòm trước

Phương pháp này được áp dụng khi có trong đáy phân mở rộng bên trên một địa tầng ổn định, cho phép tựa lên nó chân của vòm hầm mà không gây ra lún.

Ý tưởng của phương pháp là nhanh chóng xây dựng vỏ hầm vĩnh cửu trong phần vòm để ngăn ngừa hiện tượng lún nóc hang và sự phát triển của áp lực địa tầng.

Với phương án hai hang dẫn (hình 2.9), phương pháp này được áp dụng khi xây dựng các hầm dài, đòi hỏi phải mở nhiều diện thi công. Sau khi đào hang dẫn 2 từ hang dẫn 1, tiến hành đào mở rộng phần vòm 3; tiếp theo là xây vòm hầm vĩnh cửu 4 bằng bê tông. Để tránh hạ nền hang dẫn, liên quan đến việc phải thay thế vì chống gây ra lún, chiều cao của hang dẫn trên cố gắng lấy tối đa, còn khi đào mở rộng 3 thì hai bên đều được đào đến cao độ chân vòm.

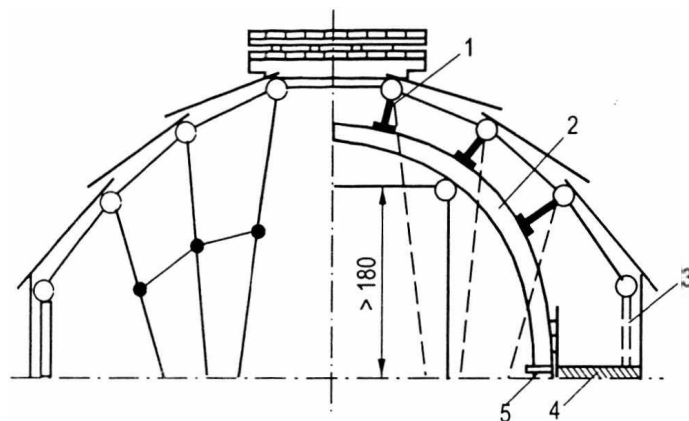


**Hình 2.9:** Phương án hai hang dẫn vòm trước

Các phần đào mở rộng bố trí cách nhau 1 ÷ 3 đốt hầm, để hạn chế khả năng phát triển áp lực địa tầng và tránh hỏng vòm bê tông ở bên cạnh. Đào đất đá chỉ tiến hành khi vòm bê tông bên cạnh đã đạt không nhỏ hơn 60% cường độ thiết kế (chừng sau 7 ÷ 8 ngày).

Để đảm bảo thông gió cho phần đào mở rộng bên trên cũng như để tạo lối thoát hiểm, cứ không lớn hơn 30 mét phải đào một lối thông cho người, kích thước 70 × 100cm.

Sau khi đào mở rộng tiến hành lắp đặt giá vòm, truyền lên nó các áp lực mà vì chống tạm đã chịu, dưới chân vòm tạo một lớp đệm bê tông nghèo dày  $\approx 10\text{cm}$  (hình 2.10), hoặc kê ván rồi đổ bê tông từ chân vòm lên đỉnh bằng phương pháp đã nêu trong mục 1. Tuy nhiên, cũng phải nhận thấy là việc



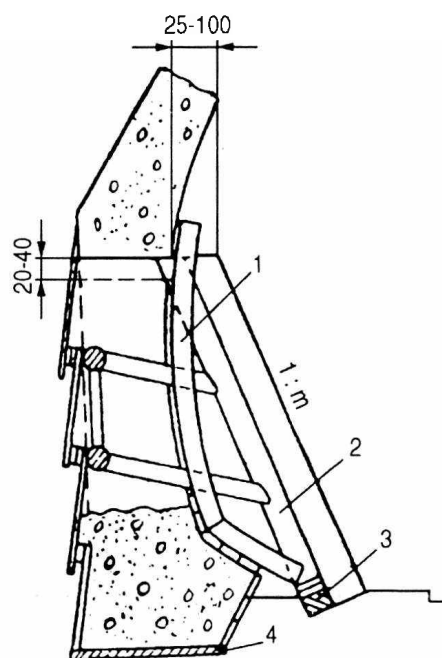
**Hình 2.10:** Vì chống đào mở rộng

1. Cột chống tựa lên giá vòm; 2. Giá vòm;
3. Cột chống bằng bê tông; 4. Bê tông lót; 5. Nệm

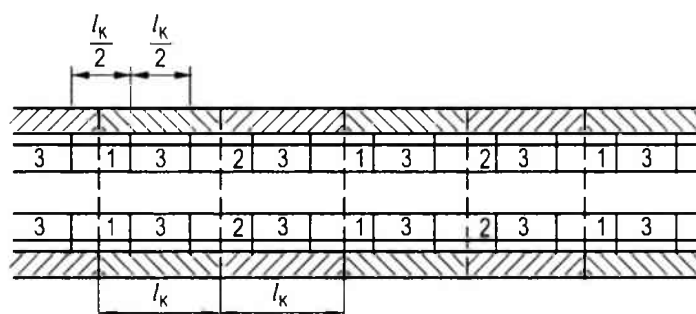
đào mở rộng từng đốt xen kẽ thường gây khó khăn cho việc tháo bỏ các dầm dọc của vòm chống tạm, trong nhiều trường hợp phải cưa ra làm các phần nhỏ để tháo. Trong những trường hợp, nếu tháo các dầm dọc thì kéo theo nguy hiểm do lún nóc hang, các dầm dọc khi đào mở rộng phải được bố trí ra ngoài đường biên thiết kế của vỏ hầm, để có thể bỏ lại khi đổ bê tông.

Sau khi vòm bê tông đạt cường độ thiết kế thì tháo cốp pha và tiến hành đào phần lõi 5 (xem hình 2.9). Mái dốc của phần này được quyết định: cho đá cứng là 1: 0,1, cho đá mềm không dốc hơn 1:0,5. Ở chân vòm có chừa lại khoảng (0,25 ÷ 1,0) mét tùy thuộc vào độ cứng của đá (hình 2.11).

Trong đất sét, cũng như trong đá cứng có xen kẹp các lớp yếu hoặc nứt nẻ mạnh, cần phải chống đỡ tạm phần mở rộng 5.



**Hình 2.11:** Thi công tường dưới vòm  
1. Ván khuôn tường; 2. Thanh chống xiên;  
3. Xà kê; 4. Bê tông lót



**Hình 2.12:** Thứ tự đào tường

Từ phần mở rộng giữa 5 (xem hình 2.9) tiến hành đào từng đoạn dưới chân vòm 6,8 và đổ bê tông tường theo từng cột một 7, 9. Giai đoạn cuối cùng là đào nền 10 và xây vòm ngửa (hoặc lót đáy) 11. Đầu tiên đào một cột dưới mỗi nối giữa các đốt vòm sao cho mỗi đốt vòm để hẫng không kê không lớn hơn một phần từ đốt vòm. Sau khi những vị trí yếu nhất này của vòm đã được kê gối chắc chắn (có tường bê tông) thì tiến hành đào và xây các cột trung gian, kết quả là tạo nên một tường liên tục ở dưới vòm (xem trình tự đào chi tiết trên hình 2.12). Chiều dài một đoạn đào được lấy bằng một nửa của đốt vỏ hầm đã xây trong phần vòm, không được lớn hơn một đốt vòm.

Khi đào đất đá dưới chân vòm ở trong địa tầng loại III và IV thì chân vòm được kê giữ bằng không nhỏ hơn hai cột chống xiên, đường kính 28 - 30cm, tựa lên dầm kê dọc.

Vách của hang trong trường hợp cần thiết cũng được chống giữ bằng các ván và các dầm dọc, ngàm hai đầu vào trong các hố lõm, đào trong đất nguyên khối, hoặc được giữ bằng các cột chống của đợt một, còn trong các đá không đủ ổn định thì tựa lên các cột chống xiên (xem hình 2.11).

Trước khi đổ bê tông các đốt cột, trên bề mặt chân tường rải một lớp lót bê tông mỏng. Việc đổ bê tông được tiến hành với các ván khuôn gỗ hoặc thép tựa lên các thanh xiên hoặc tựa ngay lên các cột chống đỡ chân vòm.

Quá trình đặc biệt quan trọng là khép đỉnh tường với chân vòm đảm bảo không xảy ra lún vòm và đảm bảo tính toàn khối của kết cấu vỏ hầm.

Để khép vòm, khi đổ bê tông đến các chân vòm 20 - 40cm thì bề mặt của bê tông phải nằm ngang. Sau đó để bê tông trong khoảng hai ngày rồi lấp đầy khe hở này bằng bê tông khô theo mặt nằm nghiêng và đầm cẩn thận. Ép vữa xi măng một cách hợp lý qua các ống đặt sẵn ở mối nối.

Trong các địa tầng, nếu đào mở rộng phần giữa kéo theo sự mất ổn định, nguy hiểm cho chân vòm thì tường có thể được xây trong những hố đào từ phần mở rộng bên trên xuống. Nếu phải đào như vậy thì thông thường chỉ đào những phần ở dưới mối nối vòm, sau đó thì đào mở rộng phần giữa và xây tường trên những phần còn lại.

Khi có nguồn nước ngầm, đôi khi đầu tiên đòi hỏi phải đổ bê tông vòm ngửa để ngăn chặn hiện tượng trôi nền từ phía đáy hang. Trong trường hợp này tốt nhất là đào phần giữa theo kiểu gương đào tịnh tiến có gia cố bề mặt hang bằng ván đóng và giữ vòm bằng các cột. Việc đổ bê tông tường tựa lên vòm ngửa. Khi đó nên đào đất trong từng đoạn không lớn hơn 3 mét.

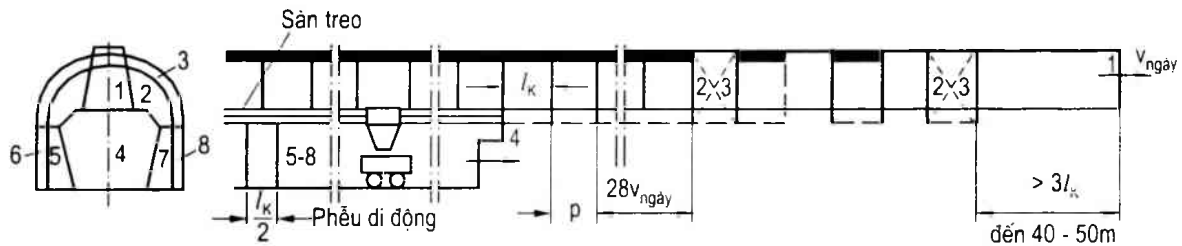
Ưu điểm của phương pháp vòm trước là nhanh chóng xây vỏ hầm vĩnh cửu ở phần nóc hang, giảm được độ lún và rút ngắn số lần thay thế vì chống xuống 2 lần; thi công đơn giản, vì chống mở rộng có độ cứng tốt hơn, do chiều cao không lớn, thi công an toàn dưới sự che chở của vòm bê tông và độ lún mặt đất không lớn, điều này đặc biệt có ý nghĩa khi xây dựng hầm ở dưới những điểm dân cư, trong điều kiện đô thị đã xây dựng dày đặc.

Nhược điểm cơ bản của phương pháp là phải xây tường dưới vòm đã xây có độ cứng lớn và rất nhạy cảm với lún không đều, cũng như khả năng phát sinh biến dạng vòm dưới tác dụng của áp lực bên của địa tầng. Để loại trừ độ lún của vòm cần phải tuân theo một cách nghiêm ngặt trình tự xây tường: đào mở rộng phần giữa không sử dụng nổ mìn trực tiếp dưới chân vòm và khép đỉnh tường cẩn thận. Trong một số trường hợp nên mở rộng chân vòm lớn hơn tường để chân vòm kê lên địa tầng trong thời gian đào và xây tường.

Phương án hai hang dẫn vòm trước là hợp lý trong các địa tầng mềm, ít nén, trong đá có độ cứng trung bình khi không có áp lực bên.

Phương pháp vòm trước có thể áp dụng với phương án một hang dẫn như trên (hình 2.13). Việc lấy hang dẫn trên 1 làm hang dẫn định hướng loại trừ được việc đào thêm các gương mở rộng trung gian. Vì vậy, hang dẫn 1 được đào chủ yếu từ hai cửa đối diện

nhau. Theo mức độ vượt trước của hang dẫn 1, tiến hành đào mở rộng phần 2 và đổ bê tông vòm 3 bằng các trình tự xen kẽ, cách nhau từ 1 ÷ 3 đốt hầm. Vận chuyển thải đá trong hang dẫn trên được thực hiện bằng goòng trên ray, hoặc hợp lý hơn là bằng băng tải đặt trong một rãnh dọc phía dưới sâu của hang dẫn trên.

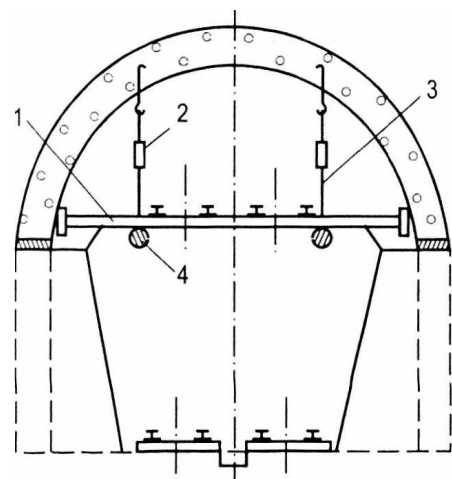


**Hình 2.13:** Phương án một hang dẫn vòm trước

Sau khi tháo ván khuôn vòm thì đào mở rộng phần giữa 4, đào hầm ếch 5 + 7 và xây tường dưới vòm 6 + 8 giống như đã nêu trong phương án hai hang dẫn.

Để phối hợp nhịp nhàng thuận lợi trong các gương ở phần trên và phần dưới người ta thiết lập một sàn công tác treo, theo nó cấp vật liệu, thiết bị vào phần trên và thải đá theo từ phần trên xuống phần dưới (hình 2.14).

Việc đào mở rộng phần trên và xây vòm bê tông được triển khai trên suốt chiều dài hầm cho đến khi đục thông hang cũng là một phương án có thể. Sau đó tiến hành mở rộng phần dưới và xây tường. Cách thi công như vậy loại trừ được việc phải làm sàn treo và công tác tổ chức thi công sẽ đơn giản đi rất nhiều.



**Hình 2.14:** Sàn treo để vận chuyển đá và vật liệu

1. Dây treo ngang; 2. Căng to;
3. Dây treo; 4. Dầm dọc

Ưu điểm của phương án một hang dẫn vòm trước là giảm các chi phí cho việc đào hang dẫn và mở rộng trong đá không bị phá hoại. Nhược điểm là thoát nước từ hang dẫn trên cũng như phần hang vượt trước là khó khăn, đôi khi gây khó khăn cho phần mở rộng phía dưới.

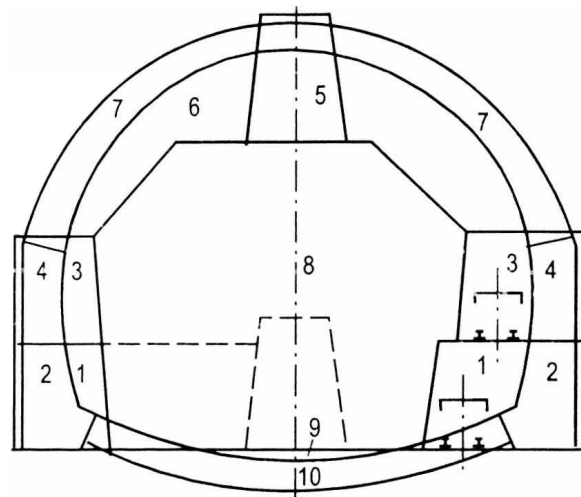
Phương án một hang dẫn vòm trước được áp dụng hợp lý khi xây dựng các hầm ngắn, trong đá cứng, khô ráo với việc nổ mìn đào mở rộng phần dưới bằng các loại thuốc nổ không mạnh.

### 3. Phương pháp nhân đỡ

Trong những trường hợp đất đá không đủ khả năng chịu lực để kê trực tiếp chân vòm lên nó, còn các phương pháp khác (ví dụ như phân mảnh đào trên tiết diện) có thể gây lún lớn bề mặt thì có thể sử dụng phương pháp nhân đỡ.

Thực chất của phương pháp là tiến hành đào đất đá theo chu vi hang với việc tựa vì chống tạm lên phần đất đá không bị phá hoại ở phần giữa hang và xây vỏ từng bộ phận bắt đầu từ tường.

Trong phương án cơ bản của phương pháp (hình 2.15), tại vị trí có tường vỏ hầm tiến hành đào hang dẫn 1 vào sâu 50 ÷ 60 mét, trong đó tiến hành đổ bê tông phần dưới của tường 2. Trong hang dẫn rộng, cạnh tường có bố trí đường vận chuyển (xem hình 2.15 bên phải) thì việc đào hang và đổ bê tông vỏ có thể phối hợp với nhau. Thường gặp hơn cả là trường hợp tiết diện ngang hầm không cho phép đào hang dẫn 1 rộng như vậy, bởi vì nhân đỡ sẽ hẹp và cao dễ bị trượt về hai bên. Trong trường hợp này đào hang dẫn 1 và đổ bê tông phần tường 2 được tiến hành tuần tự. Sau khi đào hang trên một chiều dài nhất định thì tiến hành đổ bê tông tường theo hướng từ gương ra cửa (trên hình 2.15 bên trái).



**Hình 2.15:** Phương pháp nhân đỡ

Việc xây tường thông thường đòi hỏi không nhỏ hơn hai bậc hang dẫn. Hang dẫn trên 3 đào sau khi đã lấp đầy không gian giữa tường và vì chống hang dẫn để ngăn ngừa sự chuyển dịch của đất đá trong nhân đỡ. Sau khi đào hang 3 tiến hành đổ bê tông phần trên của tường 4. Đào hang dẫn trên 5 là bước tiếp theo. Trên cơ sở hang dẫn trên 5 tiến hành đào mở rộng phần vòm 6 theo từng đốt, thường thì chiều dài mỗi đốt không lớn hơn 3 mét, sen kẽ nhau với khoảng 2 ÷ 3 đốt. Việc đổ bê tông vòm 7 được thực hiện tựa lên các tường đã xây. Nhân đỡ 8 được đào bỏ đi bằng cơ giới, dưới sự che chở của kết cấu vỏ hầm đã được xây dựng. Khi bề rộng hầm đủ lớn để đào hang một cách hợp lý và thuận tiện, dọc theo trục hầm người ta đào một hang dẫn để giao thông, thoát nước, đo đạc định vị, cung cấp năng lượng vật tư v.v...

Với phương pháp nhân đỡ, vòm ngửa được đổ bê tông trong một hào đào ngang hầm 9 với bề rộng không vượt quá 1/2 chiều dài đốt vòm. Để ngăn ngừa sự trượt tường của vỏ hầm vào phía trong hang, giữa các chân tường có đặt các dầm giằng bằng gỗ để đặt đường vận chuyển và treo các máng thoát nước cho hầm qua giai đoạn hào này. Hào của đất tiếp theo đào không sớm hơn thời gian đổ xong bê tông của đốt vòm giữa bên cạnh nó.

Ưu điểm của phương pháp nhân đỡ là ở độ tin cậy cao, đảm bảo an toàn cho công tác đào hầm trong những điều kiện địa chất phức tạp nhất, cũng như khả năng xây dựng hầm không ngập nước các bộ phận hầm, bắt đầu từ tường và khối địa tầng được làm khô. Trong trường hợp cần thiết có thể bắt đầu từ việc xây vòm ngửa theo các hang ngang nối các hang dọc.

Nhược điểm của phương pháp nhân đỡ là không kinh tế, liên quan đến việc đào phần lớn tiết diện hầm dưới dạng hang dẫn; sự chập trệ trong thi công gây khó khăn cho việc đảm bảo chất lượng cao của công trình, đặc biệt là có quá nhiều mối nối thi công trong kết cấu và tiến độ thi công chậm.

Phương pháp nhân đỡ được áp dụng ở đâu mà vấn đề kinh tế được đưa xuống hàng thứ yếu, đó chính là những đoạn hầm ngắn trong đất yếu, đặc biệt là trong điều kiện thành phố, nơi hoàn toàn không cho phép xảy ra lún mặt đất. Khi xây dựng hầm tiết diện lớn (nhịp hang  $\geq 15$  mét, cao  $> 10$  mét) trong đá cứng nhưng không ổn định, thì phương pháp nhân đỡ tỏ ra kinh tế, bởi vì nhân chiếm phần lớn tiết diện và cuối cùng là khi khôi phục các hầm cũ bị phá hoại, đặc biệt là khi có các mảnh vỏ hầm cũ và đoàn tàu chuyển động nên các công tác đào chỉ có thể tiến hành theo chu vi hang.

#### **4. Các yêu cầu đối với vì chống tạm các hang đào từng bộ phận**

Trị số cuối cùng của áp lực địa tầng phát triển khi đào hang được xác định phụ thuộc vào nhịp hang và hệ số độ cứng của địa tầng có xét đến các tính chất cơ bản và trạng thái của nó. Để áp lực địa tầng tăng đến trị số này đòi hỏi một thời gian lớn hay nhỏ, phụ thuộc vào phương pháp đào được lựa chọn, chất lượng thi công công tác đào đất đá và thay nó bằng vì chống tạm và sau cùng là vỏ hầm vĩnh cửu.

Việc chống đỡ hang không kịp thời, kém chất lượng; việc sử dụng các vì chống kém phẩm chất, việc bỏ lại các khoảng trống sau các cấu kiện chống đỡ sẽ dẫn đến lún đất đá bao quanh và phát triển các chuyển vị ở trong nó, làm cho vùng phá hoại nhanh chóng đạt đến vòm áp lực tính toán. Ngược lại, việc tuân thủ các giải pháp đảm bảo địa tầng xung quanh lún ít nhất, thì cho phép giảm tốc độ tăng của áp lực địa tầng và xây dựng vỏ hầm vĩnh cửu được tiến hành trong điều kiện thuận lợi.

Khoảng thời gian giữa đào hang và xây dựng trong hang vỏ hầm càng nhỏ thì giá thành xây dựng và những khó khăn phát sinh trong xây dựng càng nhỏ.

Đó là nguyên tắc cơ bản, mà thực hiện được nguyên tắc này sẽ đảm bảo đào hang kết quả và tiến hành thi công hầm với chất lượng cao. Khả năng không cho phép lún nóc và phát triển sự chuyển dịch của địa tầng phụ thuộc đáng kể vào hệ vì chống tạm sử dụng.

Vì chống hợp lý cần phải đảm bảo cho việc đào đất đá trong phạm vi chu vi hang thiết kế với lượng đào vượt nhỏ nhất; có độ cứng đầy đủ và không thay đổi theo phương ngang, phương dọc; đặt được từ dưới lên trên mà không phải chống đỡ lại (thay thế vì chống) vì đó là nguyên nhân gây ra lún; chiếm chỗ nhỏ hơn để tạo điều kiện thuận lợi cho việc tiến hành thi công các công tác khác; nó không chỉ làm vì chống mà còn làm giá vòm để đổ bê tông vỏ hầm; loại trừ sự cần thiết phải dùng các kết cấu chuyên dụng khác làm đầy hang; cho phép thay đổi khả năng chịu lực phù hợp với sự thay đổi của các điều kiện địa chất công trình (ví dụ như đưa thêm vào nó các bộ phận kết cấu đủ đơn giản và cho phép sử dụng nhiều lần).

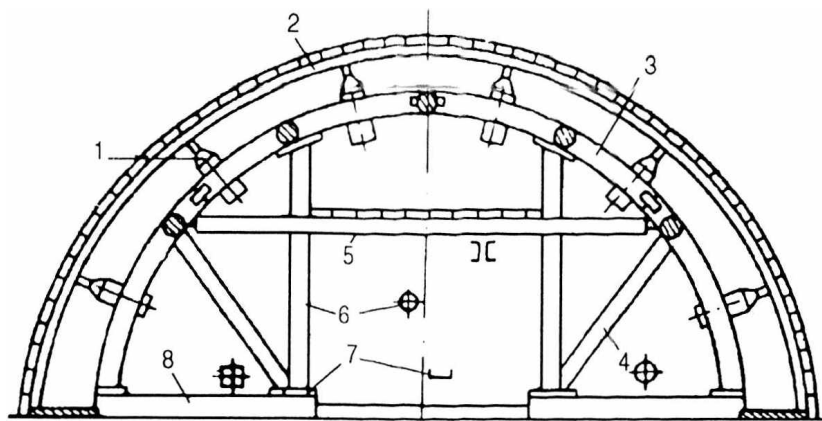


Vì chống gỗ, sử dụng khi đào trong các địa tầng mềm, yếu không đáp ứng đa số các yêu cầu nêu trên. Vì thế xu hướng phát triển là tạo ra các kết cấu kim loại kết hợp làm cả nhiệm vụ giá vòm để đổ bê tông vòm và các vì chống thủy lực để thay thế cho các loại vì chống truyền thống.

Ở nước ngoài người ta sử dụng một loại vì chống giá vòm liên hợp mà những đặc điểm của nó được nêu dưới đây, để xây dựng các hầm trong địa tầng có độ cứng trung bình.

Các cung tròn chính được chế tạo bằng thép, đóng vai trò vì chống theo phương ngang và giá vòm để đổ bê tông, các thanh giằng và chống xiên để giữ các cung tròn ở những điểm trung gian là bằng gỗ. Các thanh này cho phép thay đổi kích thước tiết diện ngang của hầm và vẫn giữ nguyên độ cứng cần thiết của vì chống, các dầm kê nằm làm nhiệm vụ phân bố ứng suất xuống nền hang (hình 2.16).

Vì chống chính là giá vòm 3 lập từ hai thép [ cùng với các mẫu thép ngăn tăng cường bằng thép I. Thường thì giá vòm được chế tạo làm 2 đến 4 đoạn nối với nhau bằng các bản nối chữ [ và bulông. Đầu dưới của cấu kiện bên cạnh (vách) có bản đế bằng thép bản được gia cường bằng thép góc. Giá vòm được tựa lên các cột 6 và kê lên dầm kê 8. Mặt dưới của giá vòm có hàn các đế bằng thép [ hoặc thép góc để đảm bảo tiếp xúc một cách tin cậy với các cột. Thanh căng được chế tạo từ hai thép [ có liên kết với cột để làm sàn công tác bằng cách ghép ván lên trên nó. Ổn định dọc của vì chống được đảm bảo bằng các giằng giữa các giá vòm.

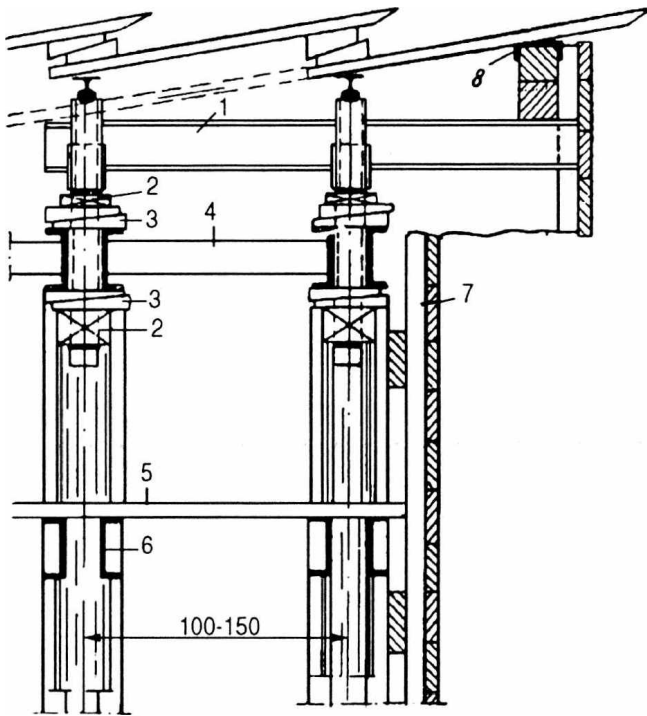


**Hình 2.16:** Vì chống giá vòm liên hợp

1. Cột chống ngấn; 2. Thanh cong đỡ ván; 3. Giá vòm;  
4. Thanh chống xiên; 5. Thanh căng; 6. Cột; 7. Đế kê; 8. Dầm kê

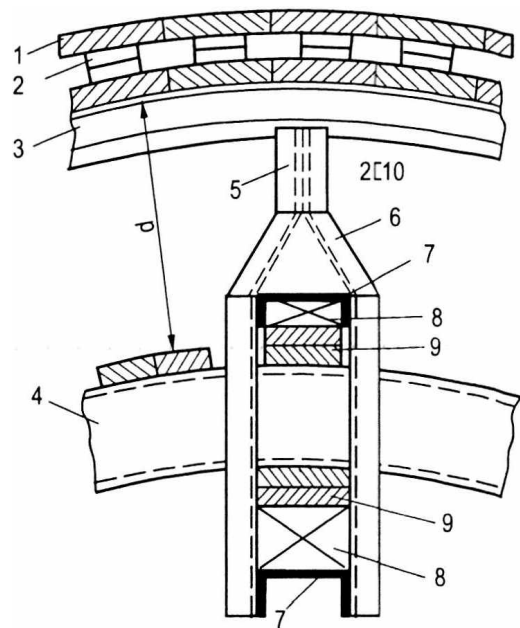
Các ván đóng thực hiện theo phương dọc hầm, tựa lên thanh cong đỡ 2 làm bằng ray mỏ, đặt quay ngược đầu xuống, các đoạn của thanh cong này được nối với nhau bằng lắp lách - bulông. Cung tròn này được gọi là cung đào, nó truyền áp lực lên giá vòm nhờ các cột chống ngấn 1, được gắn lên những vị trí bất kỳ của giá vòm và di chuyển được theo phương bán kính của vòm nhờ các nêm để tạo khả năng thay đổi chiều dày của vòm. Khả năng tăng số lượng cột chống ngấn đảm bảo khả năng chịu lực phù hợp với những điều kiện địa chất thay đổi. Khả năng dịch chuyển theo phương bán kính là tạo điều kiện thay đổi theo chiều dày của vòm.

Do chiều cao của cung đào không lớn (thường 7 - 9cm) nên ván đóng thường đạt đến vị trí cuối cùng ngay lập tức, theo phương dọc hầm (hình 2.17). Bằng cách đó đào vượt bị triệt tiêu và vì chống được tiếp xúc chặt với nóc hang.



**Hình 2.17: Chống gương đào**

1. Dầm giữ dọc hầm; 2. Con kê; 3. Nệm;
4. Giằng; 5. Sàn công tác; 6. Thanh căng;
7. Vỉ chống gương đào; 8. Cung kê giữ ván



**Hình 2.18: Cột chống ngán**

1. Ván; 2. Nệm; 3. Cung kê giữ ván;
4. Giá vòm; 5. Thép [; 6. Thanh [ uốn;
7. Một đoạn thép [; 8. Gõ kê; 9. Nệm

Các cột chống ngán 5 (hình 2.18) ghép từ hai thanh ghép U cùng với hai mẫu thép U hàn ngang để tạo thành một khung cứng cố định. Đầu trên của hai thanh U được hàn lưng lại với nhau và có cắt lõm đầu để cung đào 3 tựa vào. Khoảng cách giữa hai thép U của giá vòm được quyết định sao cho cột chống ngán có thể di chuyển được tự do trong khe giữa hai thép U của vòm. Các cột chống ngán được gắn chắc lên vòm nhờ bộ nệm 9 và các đệm 8. Các cột chống ngán không chỉ đảm bảo truyền một cách tin cậy áp lực theo phương bán kính lên giá vòm mà còn tạo với giá vòm thành một hệ cứng.

Một phần quan trọng của vỉ chống là thanh đỡ ván ngang số 8 (xem hình 2.17), có chiều dài gần 3 mét, mặt trên được uốn cong theo biên hang và được gia cường bằng thép U.

Thanh đỡ ngang để đỡ ván đóng trong phần giữa của gương trước khi đặt một vỉ chống liên hợp mới. Để đỡ thanh ngang người ta dùng một dầm I số 1 trượt trên hai giá vòm và được nệm chặt vào nóc hang.

Việc đào mở rộng phần vòm với việc sử dụng vỉ chống giá vòm liên hợp nêu trên được tiến hành như sau: Đầu trên đóng ván trong phần đỉnh hang, trên một bề rộng chừng 3 mét; tháo một hoặc một số ván chắn gương, sau đó đào đất đá trong phạm vi

một bước đào về phía trước và tháo bỏ vì chống của chu kỳ trước đó. Các ván đóng được kê giữ bằng thanh ngang. Sau khi gia cố tương tự như phần giữa người ta đóng ván trên toàn chu vi cùng với việc đào đất đá và dịch chuyển ván chống gương vào vị trí mới. Trong không gian trống được tạo nên, một tổ hợp vì chống giá vòm mới được lắp dựng theo thứ tự từ dưới lên trên, sau đó tháo bỏ phần chống ngang ở giữa hang.

Với vì chống gỗ thì việc đổ bê tông trong phần vòm là hết sức khó khăn, bởi vì việc đó dẫn đến phải tháo bỏ các chi tiết của vì chống, kéo theo phải chống đi chống lại nhiều lần, giống như phương pháp vòm trước, đã nêu ở trên, để tháo bỏ các đầm dọc nhiều khi phải cắt chúng ra làm nhiều đoạn.

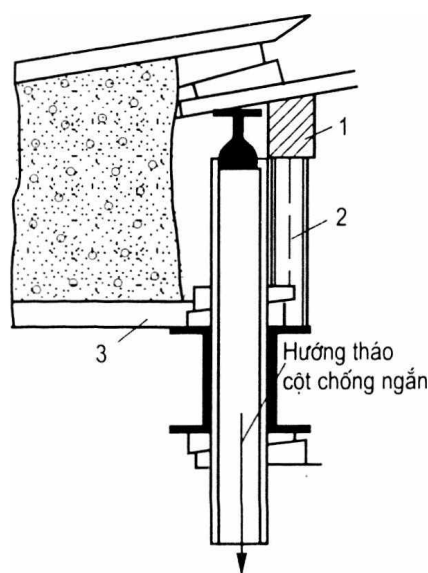
Khi dùng vì chống giá vòm liên hợp việc đổ bê tông vòm thuận lợi hơn nhiều vì giá vòm đã được xem là một bộ phận của vì chống. Khi đó, sau vỏ hầm chỉ bỏ lại ván đóng mà thôi. Để tháo vòm đào và cột chống ngăn, các ván đóng được giữ bằng thanh ngang cong 1, thanh cong được giữ bằng cột chống ngăn phụ tựa lên cánh U của vòm (hình 2.19). Sau khi tháo các chi tiết của cung vòm đào và tháo nệm của cột chống ngăn thì chúng được tháo đi qua khe của hai thanh U của giá vòm.

Trong các đất không ổn định các vòm đào có thể được bỏ lại sau vỏ hầm, nếu như việc tháo bỏ chúng có thể kéo theo sụt lở.

Hệ vì chống được nêu trên thoả mãn được các yêu cầu cơ bản đối với vì chống hợp lý, tạo điều kiện thuận lợi để áp dụng phương pháp vòm trước tường sau, cho phép đào hang với lượng đào vượt ít nhất trong những điều kiện áp lực địa tầng tăng rất chậm.

## 5. Phương pháp phân vòm vượt trước

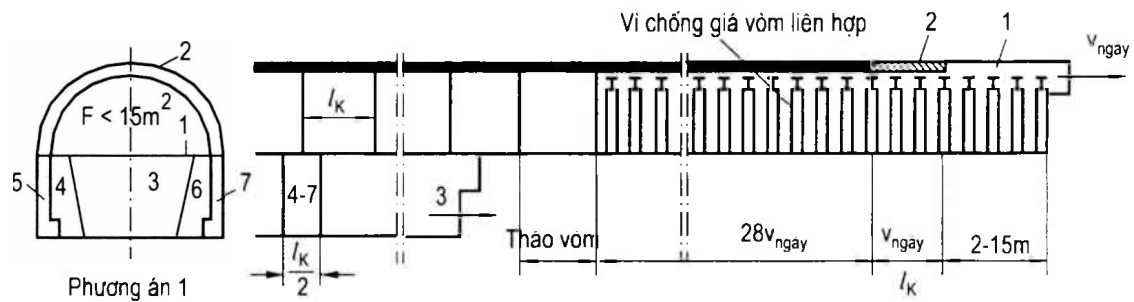
Với phương pháp phân vòm vượt trước, có sử dụng vì chống giá vòm liên hợp thì không cần phải đào hang dần, mở rộng mà đào toàn bộ phần vòm một lúc (hình 2.20) với mỗi đợt thi công dài bằng khoảng cách giữa hai vì chống giá vòm liên hợp, thường là  $1,0 \div 1,2$  mét. Việc loại trừ hang dần trên có ảnh hưởng tốt đến kết quả đào phân vòm 1 trong địa tầng không bị phá hoại. Với khoảng cách đến gương không lớn (thường là 12 đót, trong đá không ổn định là 2 đót) là những điều kiện thuận lợi cho việc thi công đổ bê tông vòm 2. Hợp lý hơn cả là đổ bê tông vòm trong một ca trên đoạn bằng chiều đào được trong một ngày đêm. Khi đó đảm bảo độ bền cần thiết của bê tông khối đổ trước



**Hình 2.19:** Đổ bê tông vòm cùng với việc tháo vì chống

1. Gỗ kê ngang; 2. Cột chống; 3. Ván khuôn

( $12 \text{ kg/cm}^2$ ) và tạo được diện thi công đủ để sử dụng bơm bê tông công suất nhỏ ( $5 \div 8 \text{ m}^3/\text{giờ}$ ) hoặc các thiết bị đổ bê tông có sử dụng khí nén.



**Hình 2.20:** Phương pháp phân vòm vượt trước

Như vậy địa tầng ở trên vì chống tạm với thời gian nhỏ nhất, điều đó loại trừ khả năng lún lớn nóc hang, cho phép chuyển từ đào đất đá sang đổ bê tông vòm với áp lực địa tầng không đáng kể.

Việc đào mở rộng phần dưới 3, 4, 6 và đổ bê tông tường 5, 7 giống như trong các phương pháp vòm trước tường sau đã nêu ở các mục trên.

Việc sử dụng vì chống giá vòm liên hợp kim loại cho phép thực hiện đào hang với việc phân thành các mảnh lớn hơn so với dùng vì chống gỗ.

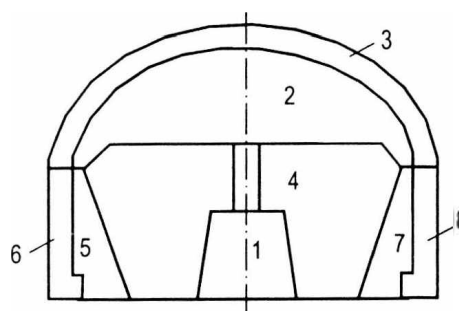
Đơn giản và thuận tiện hơn cả là đào không có hang dẫn, khi đó chức năng hang dẫn do phần vòm hang vượt trước đảm nhiệm (phương án 1). Việc thi công hầm tiến hành ở hai mức. Tuy nhiên trong phần đào lõi phần dưới có bố trí sàn treo để phục vụ thải đất đá, cấp vật liệu cho phần trên. Ở phần trên sử dụng sơ đồ kiểu dây chuyền, còn ở bậc dưới thì dùng sơ đồ hỗn hợp.

Việc không có hang dẫn làm hạn chế số người thi công và khả năng mở thêm các gương phụ để đẩy nhanh tiến độ thi công.

Vì thế, việc sử dụng phương án 1 là hợp lý trong những trường hợp: xây dựng các hầm ngắn mà sự chậm trễ của nó không liên quan đến việc kéo dài thời hạn bàn giao tuyến đường vào khai thác; khi xây dựng các hầm dài với điều kiện vòm được đào với tốc độ không chậm hơn tốc độ đào hang dẫn, trong trường hợp này không làm chậm trễ tiến độ đào hang nói chung.

Thực tế chỉ ra là, với diện tích phần vòm không vượt quá  $15\text{m}^2$ , thì tốc độ đào nó với vì chống giá vòm liên hợp không kém tốc độ đào hang dẫn. Vì thế việc áp dụng phương án 1 là hoàn toàn hợp lý khi xây dựng các hầm đường sắt tuyến đơn. Phương án này có các ưu điểm sau: Tiến hành công tác đào với sự phá hoại địa tầng xung quanh là ít nhất, trong điều kiện áp lực địa tầng không đáng kể; giảm bớt chi phí gỗ đến tối thiểu và do đó giảm số lượng phương tiện vận chuyển cung cấp vật liệu; giảm lượng đào vượt đến tối thiểu, tức là giảm lượng đất đá thải ra và tương ứng là giảm lượng bê tông để lấp đầy phần đào vượt; loại trừ được việc phải dùng giá vòm riêng, tăng khoảng không tự do trong hang để thi công các công tác khác.

Khi tăng tiết diện phần vòm thì tốc độ đào hang giảm khá nhanh và có thể việc dùng phương án 1 là không thể chấp nhận. Trong trường hợp này phải chuyển sang phương án 2 của phương pháp này với hang dẫn hướng ở phía dưới (hình 2.21), cho phép mở rộng diện thi công nhờ các gương phụ.



**Hình 2.21:** Phương án đào có hang giao thông ở giữa

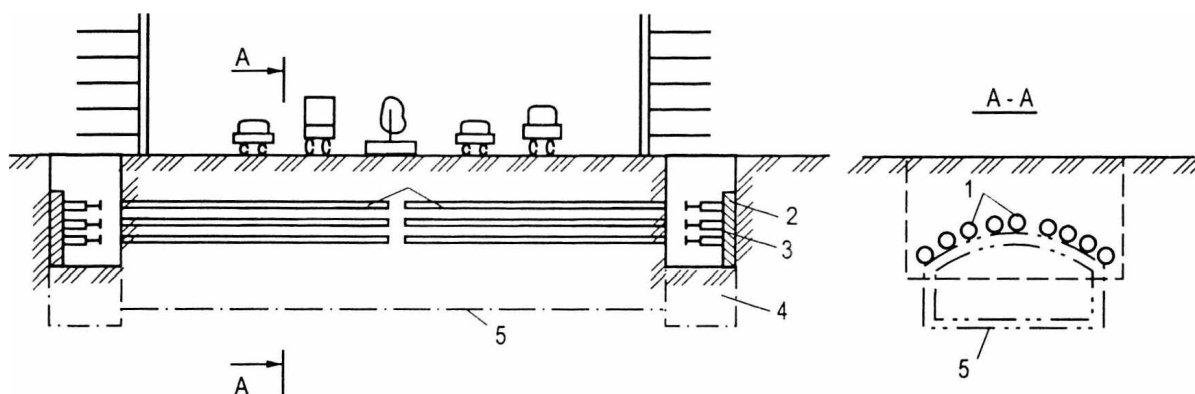
Với phương án này vẫn giữ nguyên được các ưu điểm của phương án 1 nhưng công tác đào có vất vả hơn do việc đào thêm hang dẫn dưới và làm xấu đi điều kiện thông gió cho phần vòm đào qua các lối thông đứng từ hang dẫn dưới, đồng thời cũng làm phức tạp cho công tác thoát nước và giao thông.

Khi bố trí hang dẫn ở mức nền của lớp lát ba lát thì giữa trần hang và nền của đào mở rộng phần vòm cần giữ được một lớp đất đá không bị phá hoại đủ đảm bảo cho việc đào mở rộng phần vòm một cách thuận lợi.

## 6. Phương pháp đào hang có chống trước vách hang

### a) Thực chất và phạm vi áp dụng của phương pháp

Trong thực tế xây dựng hầm những năm gần đây người ta dùng những màn chắn bằng ống với tư cách là vì chống tạm, theo chu vi của những hầm sẽ xây dựng. Các ống thép, bê tông cốt thép hay phibroximăng, đường kính từ 85 đến 2500 và dài đến 30 - 40 mét và lớn hơn được ép vào trong đất hoặc luồn đẩy vào lỗ khoan trước theo từng khâu dài 2 ÷ 5 mét, nối với nhau bằng hàn, vòng khoá hoặc đai v.v... Trong quá trình đẩy ống người ta lấy đất ở trong ống ra còn sau khi đẩy, không gian trống ở trong ống được đổ bê tông hoặc lấp đầy bằng bê tông lấp ghép. Như vậy, một màn chắn phẳng hoặc dạng vòm được tạo nên ở trên nóc, đôi khi cả ở bên vách của hầm, dưới sự bảo vệ của chúng người ta đào đất ở trong phần lõi của hang và xây dựng kết cấu chịu lực của hầm (hình 2.22). Màn chắn ống không chỉ làm vì chống tạm, mà có thể đưa vào làm một phần của kết cấu vĩnh cửu.



**Hình 2.22:** Sơ đồ màn chắn bằng ống trên hầm sẽ xây dựng

1. Màn chắn bằng ống; 2. Bệ đỡ; 3. Kích; 4. Hố đào; 5. Biên hầm

Người ta đã sử dụng phương pháp này khi xây dựng các hầm nổi ga, các ga metro, các hầm trên đường ô tô, hầm cho người đi bộ đặt nông trong các đô thị đã xây dựng khi mà sử dụng phương pháp lộ thiên là rất khó khăn hoặc không thể được. Đặc biệt có hiệu quả là dùng phương pháp này khi xây dựng các hầm dưới các đường phố, đường giao thông, dưới đất đắp và dưới móng của các nhà trong các đất yếu, không ổn định với chiều sâu từ 3 mét đến 1 mét kể từ mặt đất. Việc sử dụng phương pháp nêu trên để thi công không đòi hỏi phải đào mở mặt đất ở phía trên công trình ngầm, không phá hoại điều kiện đường phố, biến dạng và lún mặt đất là tối thiểu. Trong nhiều trường hợp không cần phải áp dụng đóng băng nhân tạo hoặc gia cố hoá đất.

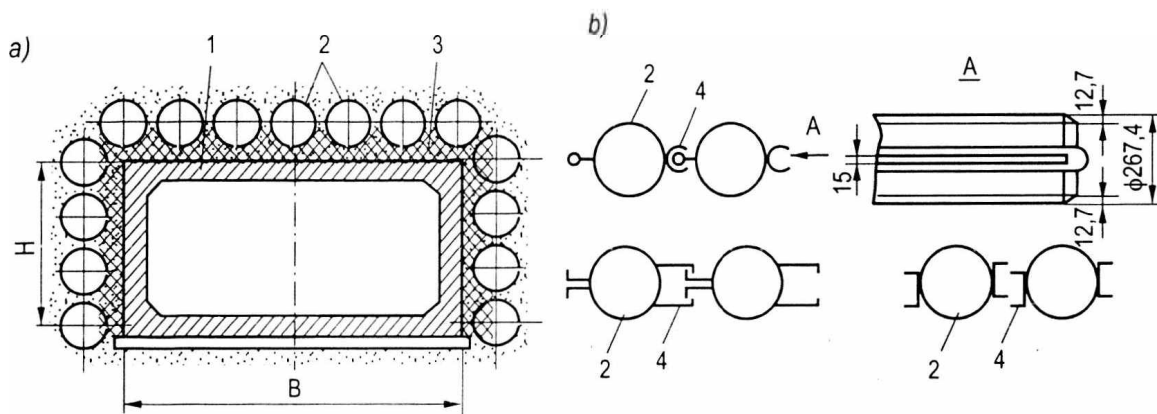
Dưới sự bảo vệ của màn chắn ống có thể xây dựng hầm có hình dạng và kích thước tiết diện ngang là bất kỳ, có chiều dài đến 80 - 100 mét. Việc tăng chiều dài của màn chắn ống có thể đạt được bằng việc tạo nên các giếng trung gian, hoặc tạo nên hố đào để ép đẩy ống, cũng như bằng việc xây dựng vì chống vượt trước ở trong gương của hang. Có nhiều biến tướng khác nhau của phương pháp này, chúng khác nhau ở vật liệu làm ống (thép hoặc fibrôximăng...), khác nhau bởi đường kính ống (85 - 2500mm), bởi hình dạng tiết diện ngang (tròn, chữ nhật, hình thang...), bởi vị trí ép đẩy (từ hố đào, từ giếng, trực tiếp từ gương đào của hang), bởi phương pháp lấy đất từ lòng ống ra và v.v...

#### ***b) Công nghệ thi công***

Tuỳ thuộc vào quy hoạch không gian và giải pháp kết cấu của công trình ngầm, cũng như vào tính chất của đất người ta sử dụng các công nghệ thi công khác nhau. Khi chiều dài công trình ngầm đến 30 - 40 mét các ống được đẩy từ một phía của chương ngại bị giao cắt, còn khi chiều dài lớn hơn thì đẩy ép từ hai phía của hố đào.

Trong đa số các trường hợp các ống được ép thành một hay hai hàng dọc theo trục hầm, tuy nhiên khi bố trí hầm bên cạnh các móng nhà hay cạnh các công trình ngầm khác có thể đòi hỏi phải xây dựng màn chắn ống theo phương ngang. Khi đó các ống có thể tựa lên vách hào đã xây dựng và đưa vào làm trần của kết cấu.

Khi ép ống trong các đất ổn định chúng được bố trí với các khe hở  $15 \div 50\text{cm}$ , sau đó được chèn đầy bằng vữa xi măng hoặc hỗn hợp bê tông (hình 2.23a). Khi đẩy các ống thép trong các đất không ổn định người ta bố trí chúng sát nhau và nối với nhau bằng các mộng khoá như cọc cừ ván thép. Để làm việc đó người ta hàn vào cạnh ống các thép góc L, thép U, các ống đường kính nhỏ cùng với các rãnh dọc v.v... (hình 2.23b). Trong trường hợp này độ chính xác được nâng cao và việc kiểm tra khi ép ống trở nên đơn giản, bởi vì, các thiết bị khoá giúp định vị và định hướng cho các ống ép. Ngoài ra, trong nhiều trường hợp, không cần phải nhồi đầy vữa xi măng vào các khe hở giữa các ống. Đôi khi vì mục đích tiết kiệm, người ta thay ống thép bằng các ống fibrôximăng, đường kính trong  $1 \div 1,2\text{m}$  dài  $4 \div 5$  mét, có vách dày  $55 \div 60\text{mm}$ . Các khâu đầu tiên có trang bị cấu kiện cắt đất, còn trong phần đuôi có trang bị vòng đỡ để kích thuỷ lực tựa vào đó. Các khâu ống fibrôximăng riêng rẽ được nối với nhau bằng các vòng đai.



**Hình 2.23:** Sơ đồ ghép ống và trên hướng ngang (a, b)  
1. Hầm; 2. Các ống; 3. Lấp đầy bê tông; 4. Thiết bị khóa

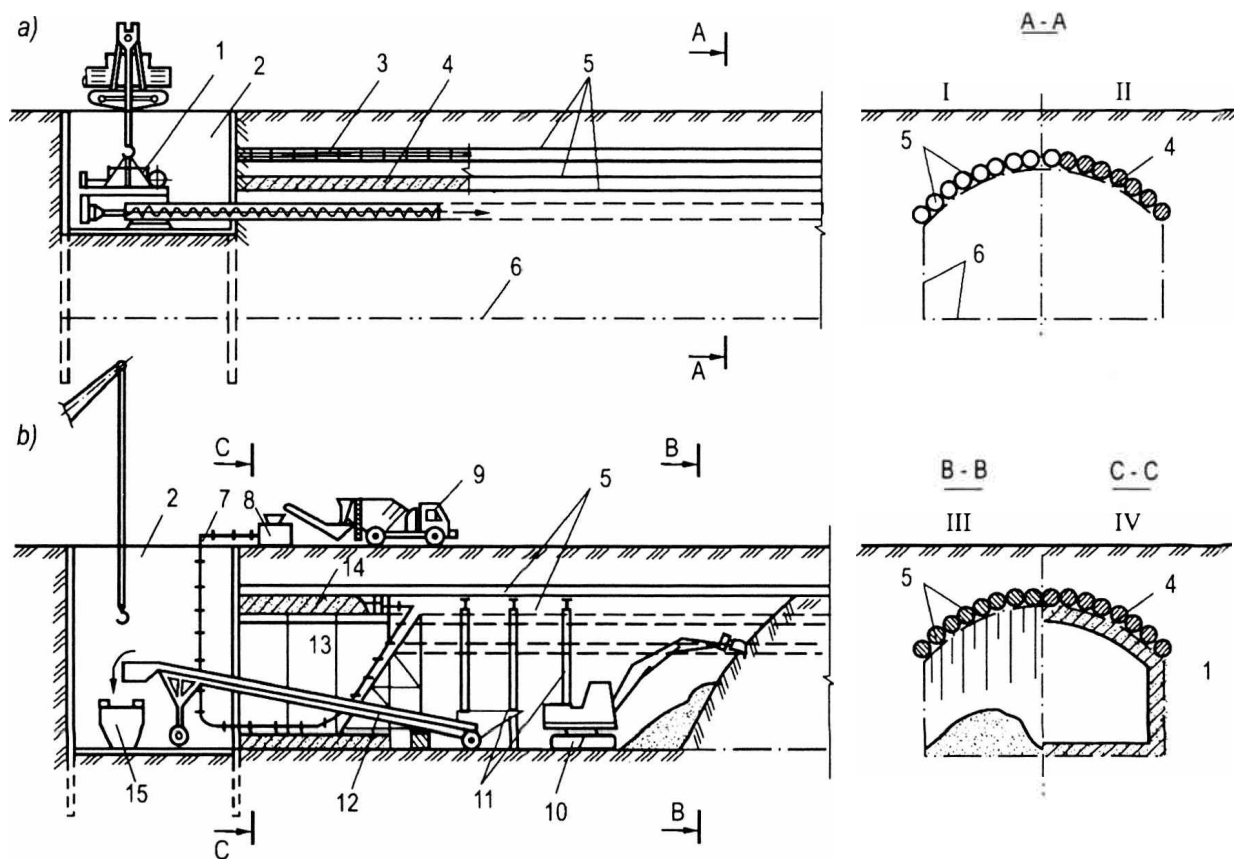
Để ép đẩy ống người ta sử dụng thiết bị kích dạng trạm cố định hoặc di động, di chuyển trên ray, đặt ở trong hố đào. Theo mức độ ép đẩy ống người ta lấy đất từ trong lòng ống ra, tuy nhiên phương pháp đào và tách đất ra phụ thuộc chủ yếu vào đường kính ống và tính chất của đất. Khi ép ống đường kính lớn (lớn hơn 1,2 đến 1,5 mét) có thể đào, tách đất và đá mồi một cách thủ công, tuy nhiên phương pháp này là rất khó khăn, năng suất thấp. Trong đa số trường hợp đất được đào ra nhờ một thiết bị khoan cắt và tách ra nhờ trục xoắn hoặc gầu xúc kiểu xoắn hoặc gầu xúc kiểu xích kéo dài theo, cùng với ống. Người ta đã chế tạo ra cả một tổ hợp chuyên dụng để ép ống, đào và tách đất ra đặt trên một sàn di động. Ở Liên Xô cũ người ta sử dụng thiết bị GPU-600, gồm một khung định hướng, các tấm gối đỡ, các gối đỡ di chuyển được, các kích thủy lực để thi công công tác này. Thiết bị này dùng để ép các ống thép đường kính 100 - 630mm trên chiều dài đến 80 mét với tốc độ 24 mét trong một ca làm việc.

Trong quá trình ép ống vị trí của ống được hiệu chỉnh theo tia laze bằng cách đào đất đối xứng ở đầu ống. Trong các đất chặt, khi mà ép ống có những khó khăn nhất định thì người ta đẩy ống theo lỗ khoan trước. Để khoan các lỗ nằm ngang người ta dùng các máy khoan xoay có khuôn khổ gọn nhẹ kiểu UGB-2, UGB-4, GB-1421 v.v... (hình 2.24a). Khe hở vòng giữa ống và vách lỗ khoan được lấp đầy bằng vữa xi măng. Sau khi ép ống hoặc đẩy ống theo lỗ khoan, trong lòng ống người ta bố trí khung cốt thép rồi tiến hành đổ bê tông. Đôi khi người ta đưa vào trong ống các dầm bê tông cốt thép lắp ghép, nối từ các khâu riêng rẽ bằng cách hàn các chi tiết đặt sẵn.

Việc đào nhân đất dưới sự bảo vệ của màn ống được tiến hành trên toàn tiết diện hay theo từng bộ phận (phần mảnh) với bước đào  $5 \div 10\text{m}$  có sử dụng các máy đào kiểu hành tinh hay dạng gầu (hình 2.24b). Để chuyên chở đất ra ngoài người ta dùng goòng, ô tô tự đổ (ben) hoặc băng tải. Sau khi đào, trong phạm vi một bước đào người ta chống đỡ tạm bằng các khung chống thép, sau đó xây dựng vỏ vĩnh cửu của công trình ngầm.

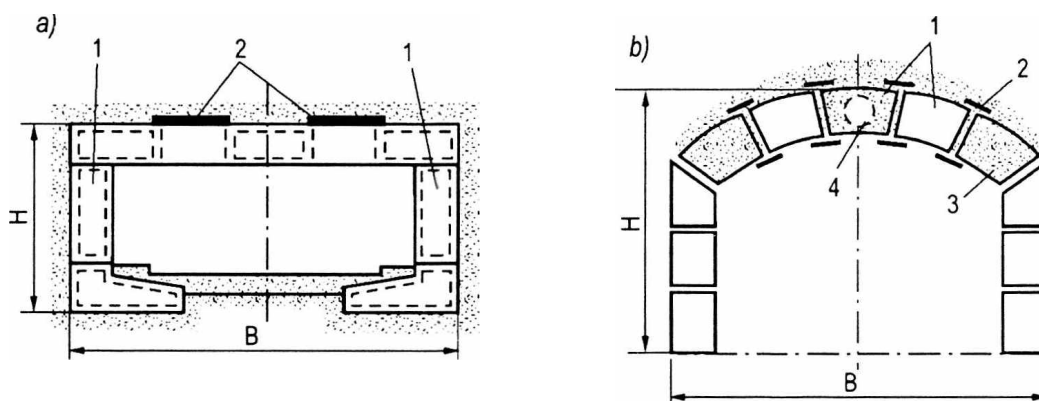
Công nghệ vừa khảo sát trên là xem xét việc xây dựng màn chắn ống nằm ngoài đường biên giới hạn của công trình ngầm. Trong một số trường hợp màn bảo vệ được đưa vào làm bộ phận của vỏ, vừa làm chức năng chống tạm, vừa làm vì chống vĩnh cửu. Khi đó, cùng với các ống tròn người ta sử dụng các hộp thép tiết diện ngang chữ nhật

hoặc hình thang (hình 2.25a). Việc ép các hộp thép chữ nhật, đã được áp dụng cho một hầm đi bộ ở Matxcova dài 110m, rộng 6m nối ga Varsavxkaia và ga đường sắt Kolomenxkoie. Việc đào dưới đường sắt, trên một đoạn dài 60 mét đã được tiến hành lần lượt bằng việc ép theo chu vi hầm các hộp thép rỗng, thành mỏng (hình 2.25b). Sau khi ép đất chúng được đổ bê tông. Hộp thép dùng làm cốt thép và phòng nước cho hầm.



**Hình 2.24:** Sơ đồ công nghệ xây dựng hầm dưới màn chắn ống

1. Thiết bị khoan ngang; 2. Hố đào; 3. Khung cốt thép; 4. Bê tông cốt thép; 5. Ống; 6. Biên hầm;  
7. Ống cấp bê tông; 8. Bơm bê tông; 9. Ôtô chở bê tông; 10. Máy xúc; 11. Vỉ chống tạm;  
12. Băng tải; 13. Ván khuôn; 14. Vỏ hầm; 15. Thùng chứa đất; I ÷ IV Các giai đoạn thi công



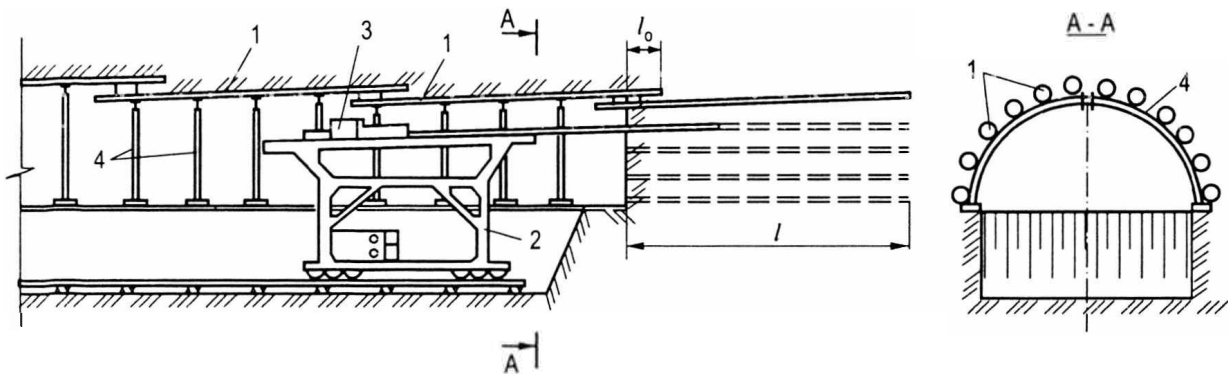
**Hình 2.25:** Sơ đồ màn chống được đưa vào kết cấu hầm

1. Hộp; 2. Bản dầy; 3. Bê tông chèn; 4. Lỗ khoan vượt trước



Bằng việc thay đổi tiết diện và hình dạng của hộp, có thể tạo nên hầm có hình thù và kích thước khác nhau. Ví như, để đào các hang dạng vòm thì thực hiện công nghệ đẩy các hộp thép có tiết diện ngang hình thang, có bề rộng phía dưới 60, phía trên 80cm, cao 30 và dài 100cm, vách dày 4,5mm.

Với mục đích tăng chiều dài màn chắn ống mà không phải dùng giếng trung gian người ta đưa ra công nghệ tạo nên màn di động trực tiếp từ gương đào của hang bằng cách khoan các lỗ xiên và đẩy vào lỗ các ống thép (hình 2.26).



**Hình 2.26:** Sơ đồ xây dựng màn chắn ống từ trong hang

1. Màn chắn ống; 2. Khung khoan; 3. Búa khoan; 4. Vòm thép đỡ

Màn chống được thiết lập từng đoạn một có chiều dài 10 - 15m và lớn hơn, chồng lên nhau  $1 \div 1,5$ m. Các lỗ khoan liền nhau, hoặc cách nhau một khoảng, với góc nghiêng  $4 - 6^\circ$  với trục hang, bằng các thiết bị khoan xoay hoặc bằng các tổ hợp khoan chuyên dụng chạy trên ray. Các tổ hợp tương tự để khoan các lỗ khoan có đường kính 216mm, sâu đến 80 mét đã được chế tạo tại Liên Xô cũ. Thiết bị có kết cấu dạng cổng, di chuyển trên ray được trang bị các búa khoan. Trong quá trình khoan, thì vách lỗ được chèn ống, ống vách có thể được đưa vào màn chống, hoặc thay nó bằng các ống đục lỗ, để trong trường hợp cần thiết có thể tiến hành xi măng hoá khối đất bao quanh hang.

Việc đào hầm, dưới sự che chở của màn chắn ống, có thể bằng phương pháp mở thông thường, với các bước đào  $l$  không đến đầu của màn chống mà cách đầu màn chống là  $l_0 = 1$  mét. Trong quá trình đào lõi đất người ta chống đỡ màn ống bằng các vòm thép, sau đó xây vỏ vĩnh cửu bằng bê tông toàn khối hoặc bê tông. Công nghệ như vậy là rất hiệu quả khi đào hầm trong những vùng đất đá bị phá hoại, không ổn định. Khi đó loại trừ không phải dùng các phương pháp phức tạp, đắt tiền như đóng băng nhân tạo, hoặc gia cố hoá đất. Cá biệt, phương pháp này, đã được sử dụng để đào hai hầm ô tô song song nhau ở Nhật. Các hầm có đường kính 10,5m, đặt ở độ sâu 5 đến 14 mét kể từ mặt đất trong đá bọt núi lửa mềm có các thấu kính cát, cuội sỏi. Màn chống được thiết lập theo từng đốt 10 mét một, bằng cách khoan các lỗ đường kính 216mm bằng các thiết bị khoan chạy trên ray. Mỗi chu trình xây dựng màn chống vượt trước, đào đất, dựng vòm chống và phun bê tông chiếm gần 10 ngày đêm làm việc.

### §3. XÂY DỰNG HẦM TRONG ĐÁ CỨNG

#### 1. Đặc điểm đào hang trong đá cứng

Trong đá cứng, vì chống tạm thường được lắp dựng chỉ theo chu vi hang, phần còn lại là hoàn toàn tự do. Vì chống chu vi tạo điều kiện thuận lợi cho việc cơ giới hoá đồng bộ các công tác thi công chính trong xây dựng hầm và tăng một cách đáng kể tiến độ, giảm đáng kể thời gian và kinh phí xây dựng. Các loại vì chống chu vi sẽ được khảo sát trong chương 5.

Việc đào hang trong đá cứng hầu hết là bằng phương pháp khoan nổ mìn, cứ mỗi lần hoàn thành một chu kỳ thi công thì gương đào tiến thêm được một đoạn, gọi là bước đào.

Sau khi nổ mìn, gương thường bị đá nổ ra che khuất còn nóc hang lộ ra chưa được chống đỡ và do đó có thể có biến dạng dư dưới tác dụng của ứng suất kéo phát sinh trong nóc hang. Sự tăng của biến dạng này càng nhanh khi độ cứng của địa tầng càng nhỏ, độ nứt nẻ và kích thước hang càng lớn. Thời kì để lộ hang không chống được xác định chính nhờ những yếu tố này.

Trong các đá rất cứng chắc, toàn khối hang có thể để lại không chống cho đến khi xây vỏ hầm vĩnh cửu.

Trong các đá cứng thì sự ổn định của hang được đảm bảo trong một thời gian khá dài. Vì chống tạm được lắp dựng sau khi thải đá, trong thời gian khoan cho chu kỳ sau bằng các máy khoan tự hành hay khung khoan. Do dự phối hợp công việc một cách song song như vậy mà thời gian một chu kỳ đào có thể được rút ngắn, tốc độ dịch chuyển của gương tăng.

Trong các loại địa tầng có độ cứng nhỏ hơn, việc dựng vì chống tạm tiến hành sau khi thải đá nhưng trước khi khoan cho chu kỳ sau.

Trong các địa tầng có độ cứng trung bình và yếu, cũng như trong các địa tầng nửa cứng thì việc để nóc hang lâu không chống có thể gây ra biến dạng, võng nóc hang đáng kể, điều này kéo theo sự tăng áp lực địa tầng, vì thế việc dựng vì chống tạm có thể phải tiến hành ngay sau khi thông gió và chọc đá om.

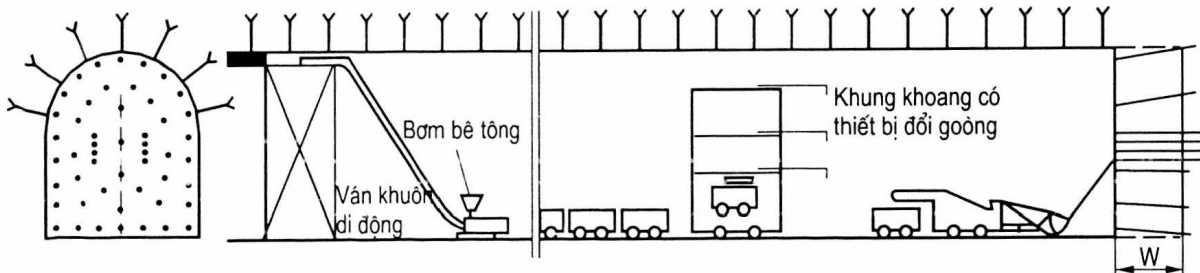
Các yếu tố nêu trên ảnh hưởng đáng kể đến việc lựa chọn hệ thống vì chống tạm và phương pháp đào hang, bởi vì thời kỳ giữa đào hang và dựng vì chống tạm xác định độ thuận lợi trong tổ chức thi công hầm.

Khi đào hang trong đá cứng thì thường áp dụng sơ đồ mở rộng công tác thi công theo kiểu dây chuyền dọc theo chiều dài hang. Khi đó gương dịch chuyển về phía trước trên toàn tiết diện hay chia nhỏ thành các bộ phận là tùy thuộc vào mức độ ổn định và độ cứng của địa tầng. Việc đổ bê tông vỏ thường được tiến hành sau khi đã đào xong toàn tiết diện hang.

Phổ biến hơn cả khi xây dựng hầm trong đá cứng là các phương pháp đào toàn tiết diện, bậc thang, đôi khi là hang dẫn giữa và đào có chia cắt phần vòm.

## 2. Phương pháp đào toàn tiết diện

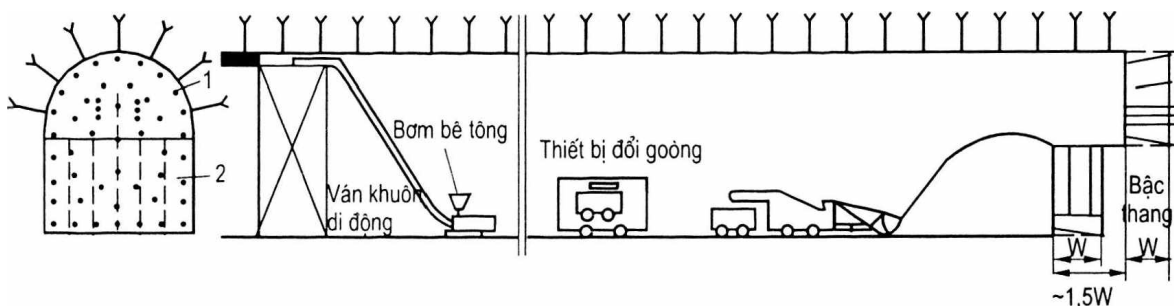
Theo phương pháp đào toàn tiết diện, gương đào được mở một lần trên toàn tiết diện ngang hầm, dựng vì chống tạm rồi xây vỏ hầm vĩnh cửu (hình 2.27). Phương pháp này thường áp dụng trong đá ổn định, có độ cứng  $f_{kp} \geq 4$  đối với những hầm có tiết diện ngang  $\leq 120m^2$ .



Hình 2.27: Phương pháp đào toàn tiết diện

Đối với phương pháp này không có hang dẫn vượt trước, vì thế khi nghiên cứu địa chất và địa chất thủy văn không đầy đủ, để biết trước các hiện tượng sụt lở cũng như vỡ nước vào hầm người ta đưa vào thành phần đột phá một lỗ khoan vượt trước đường kính  $75 \div 100mm$  đến độ sâu  $20 \div 50$  mét.

Trong trường hợp này người ta tiến hành đào hầm theo cách tuần tự, tức là khoan và thải đá không đồng thời. Trong những khối địa tầng cứng chắc, toàn khối với  $f_{kp} = 15 \div 20$  thì không cần chống đỡ. Trong các khối đá nứt nẻ thì dùng các loại vì chống neo kết hợp với lưới thép, bê tông phun hoặc tổ hợp neo + bê tông phun. Phương pháp này cho phép tận dụng tối đa các thiết bị thi công có công suất lớn, thực hiện thi công theo tiến độ và tốc độ đào hầm lớn ( $150 \div 200m/tháng$  đối với hầm tiết diện nhỏ ;  $100-150m/tháng$  đối với hầm tiết diện trung bình và  $80 \div 120 m/tháng$  đối với hầm tiết diện lớn).



Hình 2.28: Phương pháp bậc thang

Biến tướng của phương pháp đào toàn tiết diện là phương án gương đào bậc thang (hình 2.28). Với phương pháp này gương đào được chia làm hai phần: phần vòm 1 và phần dưới 2 tụt lại phía sau của 1 một chút. Điều kiện nổ mìn bậc dưới thuận lợi hơn đôi chút do có hai mặt thoáng. Vì thế hệ số sử dụng lỗ cao hơn, chi phí thuốc nổ nhỏ hơn. Việc khoan lỗ phần vòm được tiến hành từ bậc thang với việc sử dụng các giá búa nhẹ,

46

chất của phương pháp này là từng bước tạo ra ở xung quanh hang trong quá trình đào một loại vì chống tạm có khả năng đưa khối đá xung quanh vào cùng làm việc để đơn giản hoá cấu trúc của vì chống. Một trong những bộ phận quan trọng của vì chống là neo, bộ phận khác là bê tông phun. Trong một số trường hợp, dưới sự bảo vệ của bê tông phun người ta tiến hành xi măng hoá khối đá xung quanh hang. Vì chống liên hợp từ neo, bê tông phun và xi măng hoá khối đá xung quanh có thể tiến hành ngay trên toàn bộ hoặc từng phần của chu vi hang trên từng đoạn hầm dài 40 đến 50 mét.

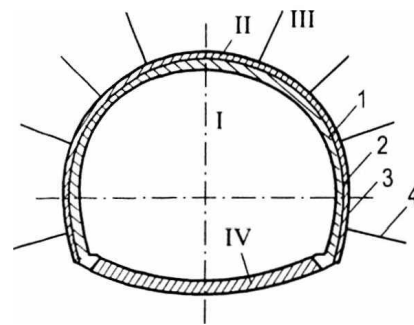
Phương pháp này đã áp dụng để đào phần trên hầm thi công của thủy điện Hoà Bình, Thủy điện Nurek ở Tatgikstan có nhịp thông thủy 11,6m cao 7,6m, đặc biệt là ở Nurek hầm nằm trong đá cát kết và alevrolit  $f_k = 2 \div 3$ . Vì chống liên hợp được sử dụng với trình tự sau: lớp bê tông phun đầu tiên được phun trực tiếp lên đá ngay sau khi nổ mìn và thông gió. Tiếp theo đặt các neo bê tông cốt thép theo phương bán kính, dài 2,7m, bước 1,5 mét. Lớp bê tông phun thứ hai dày chừng 10cm phun ở đoạn hầm cách gương 10 - 12 mét. Khi có xuất hiện vết nứt trong bê tông phun, người ta treo lên đầu neo một lưới thép  $\phi 6$  a 200 và phun một lần nữa bê tông. Việc xây vỏ hầm vĩnh cửu được tiến hành ở cách gương là 100 mét.

Trong các đá yếu loại dẻo, áp lực địa tầng tăng từ từ. Khi đào hầm có tiết diện từ 40 đến 90m<sup>2</sup> thì việc áp dụng phương pháp đào toàn tiết diện có sử dụng vì chống mềm là hiệu quả (phương pháp nước Áo mới NATM). Theo phương pháp này đầu tiên người ta chống hang bằng vì chống có khả năng biến dạng, được chèn chèn chặt vào vách đá. Sau đó khi áp lực và độ lún của chu vi hang đã ổn định thì tiến hành xây vỏ bình cửu để giữ vì chống đã dựng ban đầu.

Vì chống phía ngoài thường dùng là neo hoặc vì chống vòm mềm và bê tông phun có chiều dày 10 - 15cm có lưới thép (hình 2.30). Vỏ bên trong thường là bê tông hoặc bê tông cốt thép toàn khối có xét đến sự cùng làm việc của vì chống đã dựng, có nghĩa là chiều dày giảm đi vì có sự phân bố lại tải trọng lên vì chống sau khoảng thời gian giữa hai lần xây vì chống.

Phương pháp này đòi hỏi đơn vị thi công phải có kinh nghiệm và phải thường xuyên theo dõi biến dạng của nóc và vách hang. Những biến dạng này có thể xảy ra trong vòng 6 tháng hoặc hơn thế. Vỏ hầm phía trong chỉ xây dựng khi biến dạng của nóc và vách hang đã ổn định.

Phương pháp này cũng có nhiều phương án biến tướng, có thể sử dụng trong những điều kiện địa chất đặc biệt như phiến sét, sét, đá biến chất hoặc argilit dẻo, tức là các



**Hình 2.30:** Đào hầm tiết diện lớn vì chống liên hợp

1. Lớp bê tông phun bên ngoài; 2. Lưới thép;
3. Lớp bê tông phun trong; 4. Các neo.
- I, II, III, IV - trình tự đào và xây vỏ.

loại đá có tính từ biến tất dần, không xuất hiện tải trọng một phía, dễ làm gãy lớp bê tông phun.

Một phương án khác của phương pháp đào toàn tiết diện, áp dụng trong các loại đá nứt nẻ mạnh, dễ sụt lở, có thể hiện áp lực địa tầng ở nóc và vách hang, hầm có tiết diện  $\leq 70\text{m}^2$ , đó là công nghệ đào hầm đặc biệt có sử dụng ván khuôn che chắn di động. Phương pháp này thường dùng bê tông lót mác thấp làm vỉ chống tạm. Bê tông này được đổ nhờ những đốt ván khuôn ngăn di động

(hình 2.31). Sau mỗi lần nổ mìn và thải đá người ta kéo trượt vào sát gương một đốt ván khuôn, dài khoảng 4 mét đặt trên đế trượt. Đốt ván khuôn thường có cấu tạo là một hệ vòm liên kết với nhau thành một kết cấu không gian, mặt ngoài có hàn thép tấm làm ván khuôn, có các cửa sổ để đổ bê tông.

Thực tế áp dụng phương pháp này cho thấy tốc độ đào hầm thường không vượt quá 30m/tháng. Mặt khác do cấu tạo của đốt ván khuôn di động nên đòi hỏi đào vượt lớn và đôi khi chất lượng của lớp bê tông lót không đảm bảo do các khối đá nhô ra. Chính vì thế nó thường chỉ sử dụng để thi công những đoạn hầm ngắn, vượt qua các đoạn đất đá bị phá hoại hoặc các đứt gãy có bề rộng lớn.

### 3. Phương pháp bậc thang

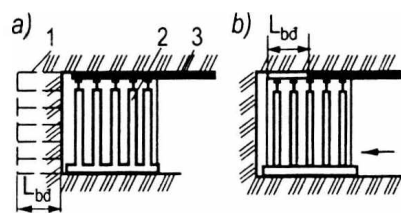
Phương pháp là phương pháp phổ biến để xây dựng các hầm lớn có chiều dài không hạn chế, nằm trong điều kiện địa chất công trình thuận lợi ( $f_{kp} \geq 4$ ) với hầm có tiết diện lớn hơn  $100\text{m}^2$  và chiều cao lớn hơn 10m.

Điều khác nhau cơ bản của phương pháp bậc thang và phương pháp đào toàn tiết diện là ở việc phân chia tiết diện ngang của hang ra làm các mảnh rồi đào tuần tự trên toàn gương. Việc phân chia tiết diện như vậy phải đảm bảo sự ổn định của hang trong quá trình thi công và việc làm đó sẽ giảm bớt khó khăn cho công tác khoan đào và xây vỏ hầm bê tông. Đối với phương pháp bậc thang có ba cách mở gương chính là bậc thang trên, bậc thang bên và bậc thang dưới (hình 2.32).

Đối với phương pháp bậc thang trên có thể sử dụng hai sơ đồ thi công:

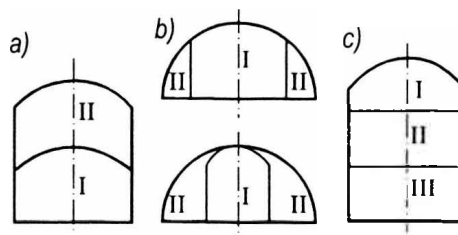
- Theo sơ đồ 1: trong phần dưới hầm tiến hành đào hang dẫn trên suốt chiều dài hầm, tiếp theo, sử dụng hang dẫn này làm mặt thoáng tiến hành đào phần cơ bản của hầm.

- Theo sơ đồ 2: Đầu tiên đào phần dưới hang trên suốt chiều dài hầm. Từ phần dưới tiến hành khoan rồi nổ sập phần trên. Phương pháp này khi sử dụng có nhiều nhược điểm nên ít dùng.



**Hình 2.31:** Đưa ván khuôn dạng khiên vào gương

a) Vị trí làm việc; b) Đưa vào gương.  
1. Lỗ khoan; 2. Ván khuôn dạng khiên;  
3. Bê tông lót.  $L_{bd}$  - bước đào



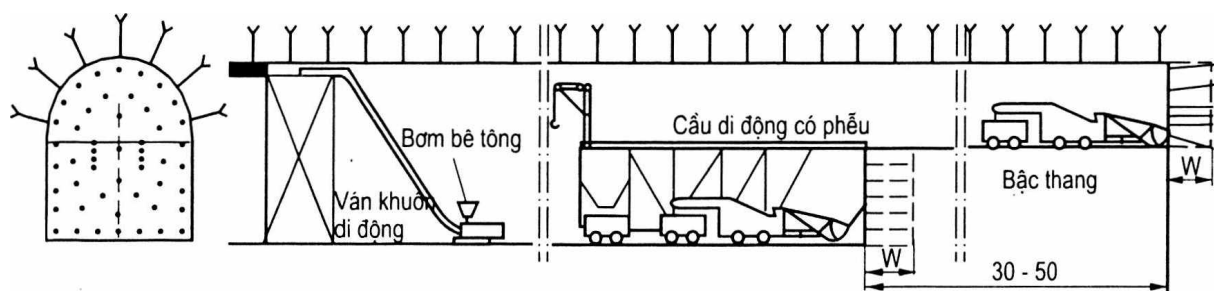
**Hình 2.32:** Thứ tự đào hầm bằng phương pháp bậc thang

a) Phương pháp bậc thang trên;  
b) Phương pháp bậc thang bên;  
c) Phương pháp bậc thang dưới

Phương pháp bậc thang bên được sử dụng để đào bậc trên của những hầm nhịp lớn (khi bề rộng hầm 20 mét và lớn hơn) trong đá ổn định, khi hầm có bề rộng nhỏ hơn trị số trên nhưng đá nứt nẻ dễ sụt lở trong quá trình đào. Người ta thường sử dụng phương pháp này trong những trường hợp khi đào phần giữa, sau đó đào hai bên hang thì ổn định của nóc hang vẫn đảm bảo. Bằng cách đó sẽ cho phép chống đỡ nóc hang kịp thời và chắc chắn trên một chiều dài hang lớn và cũng cho phép sử dụng hợp lý các thiết bị khoan và xúc đá.

### ***Phương pháp bậc thang dưới***

Trong các địa tầng có độ cứng trung bình và yếu, hầm có tiết diện trung bình thì sơ đồ thi công hầm theo phương pháp bậc thang dưới như trên hình 2.33. Phần vòm được đào vượt trước 30 - 50 mét, đóng vai trò hang dẫn, cho phép hiệu chỉnh các số liệu thăm dò và khi gặp đất đá yếu có thể chuyển đổi phương pháp thi công kịp thời.



**Hình 2.33: Phương pháp bậc thang dưới**

Sau khi thông gió và chọc om trong gương, nóc hang được gia cố bằng neo hay vì chống tạm treo lên vì chống vòm hay vì chống đa giác đã dựng trước đó.

Trong trường hợp vách hang ổn định vì chống đa giác hoặc vòm được kê trực tiếp lên đá hoặc lên dầm kê bằng gỗ nằm ngoài chu vi thiết kế của hang, khi vách hang không ổn định thì dầm kê bằng gỗ hoặc thép [ gồm nhiều khâu, tương ứng với bước đào phía dưới nó, sau khi nổ mìn sẽ dựng cột giữ các khung và vòm.

Đá từ gương vượt trước được bốc vào goòng hoặc vận chuyển dọc hang bằng máy xúc có băng tải đặt ở gương rồi đổ xuống dưới ở gần chỗ có bậc. Tại đó đá sẽ được bốc lên goòng có dung tích lớn cùng với đá nổ ra ở phía dưới. Để tránh cùng một khối lượng đá phải xúc bốc hai lần, có thể từ gương vượt trước đá được chuyển ra một sàn công tác, di chuyển theo bậc dưới, rồi rót xuống goòng ở dưới qua phễu, bố trí trong phần đã đào xong toàn tiết diện.

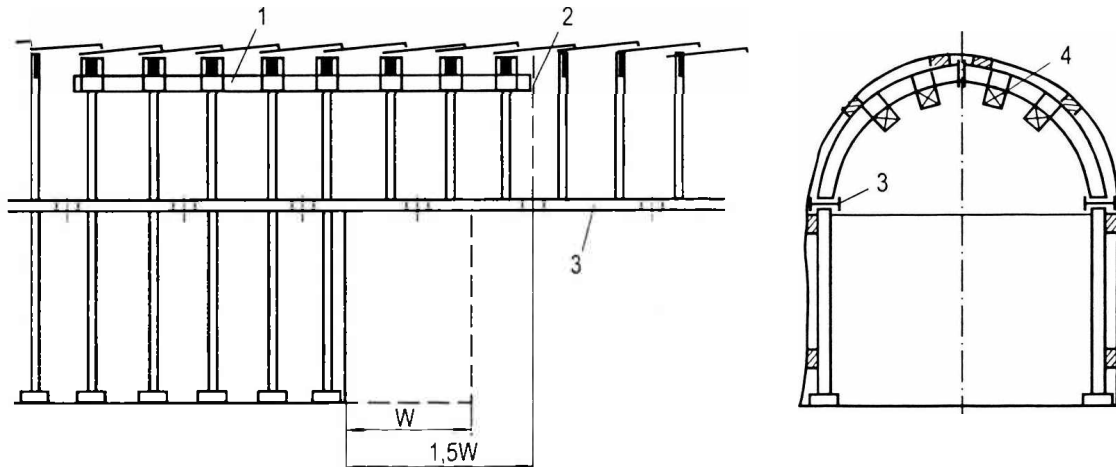
Sau khi thải đá ở cả hai gương, tiến hành khoan nổ cho chu kỳ sau. Các lỗ mìn ở phần giữa của bậc dưới có thể khoan thẳng đứng. Trong trường hợp này có thể phối hợp giữa khoan và xúc bốc.

Việc khoan lỗ trong phần vòm hợp lí hơn cả là khoan bằng xe khoan, máy khoan tự hành hoặc các tay búa lắp trên máy xúc.

Việc đổ bê tông vòm hầm thường được tiến hành toàn bộ vòm một lúc, ở xa khu vực khoan đào với khoảng cách thuận lợi nhất cho thi công. Với mục đích làm đơn giản việc

tổ chức thi công, đôi khi người ta đào thông hẳn phần vòm, chống đỡ cẩn thận, rồi sau đó mới tiến hành đào bậc dưới và đổ bê tông vỏ hàm.

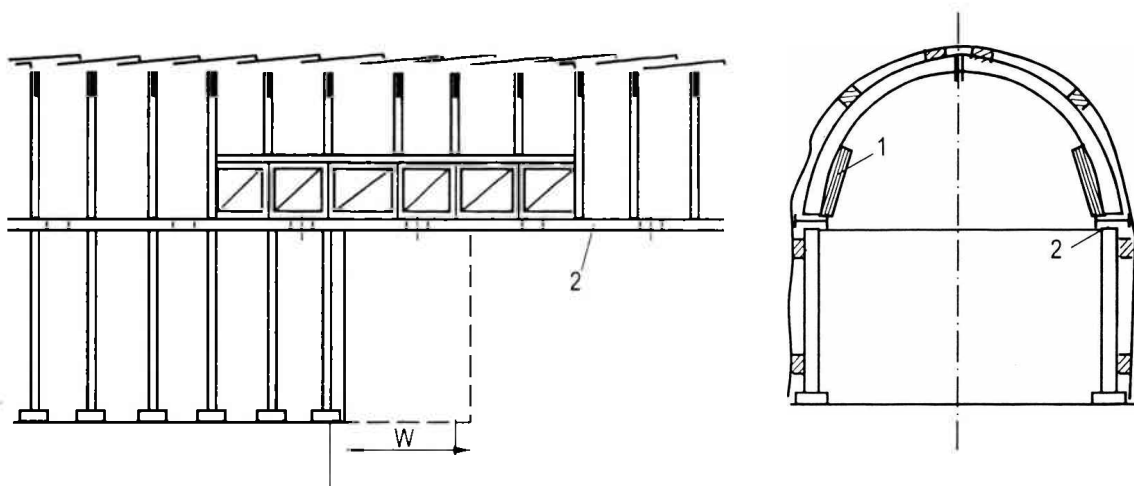
Với những loại vòm chống được lắp dựng làm hai quá trình, thì phần kê gối của vòm chống bên trên sẽ bị hẫng khi nổ mìn bậc dưới. Việc giữ vòm chống vòm khỏi bị sập có thể thực hiện bằng việc sử dụng các dầm gác 1 treo vào các vòm chống đã được kê giữ bằng các quang treo (hình 2.34). Theo tiến trình dịch chuyển của gương, dầm treo cũng được dịch chuyển về phía trước xuyên qua bậc nổ mìn.



**Hình 2.34:** Treo vòm chống bằng các dầm khóa

1. Dầm khóa; 2. Gương khi đào bậc thang; 3. Dầm kê; 4. Quang treo khóa

Thuận lợi hơn cả là dùng các dàn thép lập từ các khoang có chiều dài bằng bước của vòm thép, nối với nhau bằng bulông và bắt lên các sườn là khung chống. Các vòm chống đã dựng trong các tiết diện đã đào toàn bộ đóng vai trò gối tựa của dàn gác, còn vòm kê thì là những vòm nằm ngoài phạm vi vùng nổ mìn. Theo mức độ di chuyển của gương bậc dưới, các khoang dàn ở phía sau được tháo ra, rồi lắp lên phía trước (hình 2.35).



**Hình 2.35:** Giữ vòm chống bằng dàn lắp ghép

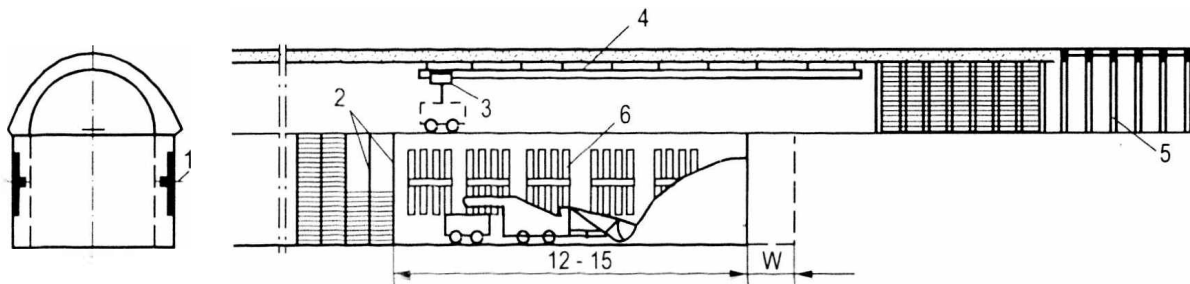
1. Dàn lắp ghép; 2. Dầm kê



Ưu điểm của phương pháp bậc thang dưới là tiết kiệm được thuốc nổ so với phương pháp đào toàn tiết diện và có thể áp dụng được trong địa tầng yếu. Trong những trường hợp đặc biệt khó khăn, người ta áp dụng hàng dẫn bên ngấn vượt trước gương đào phần vòm, trong đó trước khi đào gương phần vòm người ta tiến hành đặt các dầm kê cho vòm chống vòm.

Nhược điểm của phương pháp là tổ chức thi công phức tạp do việc đào đồng thời hai gương, công tác nổ mìn phải tiến hành đồng thời để rút ngắn thời gian nạp mìn và thông gió. Ngoài ra còn những khó khăn phụ do phải chống đỡ lại sau khi nổ mìn bậc dưới, đảm bảo vận chuyển đá từ gương vượt trước đến chỗ xúc đá cuối cùng và giữ gìn, bảo vệ vòm chống bậc trên.

Trong trường hợp, nếu như để nóc hang với vòm chống tạm cho đến khi xây vỏ là mạo hiểm thì hợp lý hơn cả là xây vỏ hầm làm hai bước, tức là áp dụng dạng đơn giản của phương pháp vòm trước tường sau (hình 2.36).



**Hình 2.36:** Phương pháp đổ bê tông vỏ có phân đoạn

1. Neo; 2. Vách chia; 3. Dầm cầu treo; 4. Mô-rây; 5. Vòm chống vòm; 6. Thép U

Sau khi đào chống toàn tiết diện vòm thì tiến hành đổ bê tông phẩm vòm, chân vòm có mở rộng thêm ra ngoài biên thiết kế của vỏ. Việc đào phần dưới cũng trên toàn tiết diện khi vòm bê tông đã đạt cường độ thiết kế; tường của phần mở rộng dưới được đổ bê tông ở khoảng cách tới gương 12 - 15 mét. Sự ổn định của tường được đảm bảo bằng các ván chèn, giữ bằng neo 1 và nẹp thép chữ U-6.

Việc cấp bê tông cho phần trên bằng các goòng lật nhờ xe con kiểu cầu con mèo chạy trên mônô ray 4 treo vào vòm bê tông nhờ các chi tiết chôn sẵn.

Khi thi công các hầm tiết diện lớn trong địa tầng cứng chắc, việc sử dụng phương pháp bậc thang dưới chủ yếu là do yêu cầu hợp lý hoá công nghệ chứ không phải đòi hỏi của các điều kiện địa chất công trình. Đầu tiên người ta đào phần trên của tiết diện (như phương pháp đào toàn tiết diện). Sau đó đổ bê tông phần vòm ở khoảng cách 250 ÷ 300 mét kể từ gương. Khi chiều dài hầm nhỏ hơn 300 mét, có thể đào và chống đỡ tạm phần trên toàn chiều dài hầm rồi mới xây vỏ vĩnh cửu (bê tông). Sau khi đổ bê tông vòm mới tiến hành đào bậc dưới. Cuối cùng (sau khi đổ bê tông vỏ) mới thi công phần đáy hầm. Khi chiều cao hầm cao chừng 10 mét, nếu có thiết bị đổ bê tông cả vòm thì việc xây dựng vỏ hầm có thể tiến hành một bước, sau khi đã đào xong phần dưới.

Chiều cao hợp lý nhất của bậc dưới là 8 - 10 mét. Tuy nhiên cũng nên xem xét đến quy tắc an toàn khi thi công ngầm. Theo quy tắc này thì chiều cao đổ đá nổ ra không được cao hơn cần của máy xúc (nếu như dùng máy xúc loại gầu). Góc nghiêng của bậc thường lấy trong khoảng 75 - 80°. Nếu chiều cao bậc dưới của hầm lớn hơn 10 mét thì phải chia thành nhiều bậc. Sau khi đào mỗi bậc phải gia cố hai bên vách trên suốt chiều dài hầm. Chiều cao của bậc phụ thuộc vào độ ổn định của vách hang, cũng có nghĩa là phụ thuộc vào các điều kiện địa chất công trình và phụ thuộc vào hệ thống các hang phụ (để vận chuyển thải đá, cấp vật liệu cho thi công, hoặc mở các gương phụ).

Trong các loại đá nứt nẻ hoặc khi sử dụng các hang phụ để vào hầm chính, chiều cao bậc nên hạn chế ở khoảng 5 - 7 mét.

Phương pháp bậc thang dưới tạo khả năng gia cố nhanh phần nóc hang, có thể chuyển nhanh sang phương pháp khác khi chuyển vào đoạn có địa tầng yếu và cũng cho khả năng sử dụng các thiết bị thi công có năng suất cao, tiến độ thi công lớn (120 - 150m/tháng cho phần trên, 250m/tháng cho các bậc dưới), giảm giá thành công tác khoan một cách đáng kể, nhất là ở các bậc dưới, khi sử dụng các lỗ khoan nghiêng.

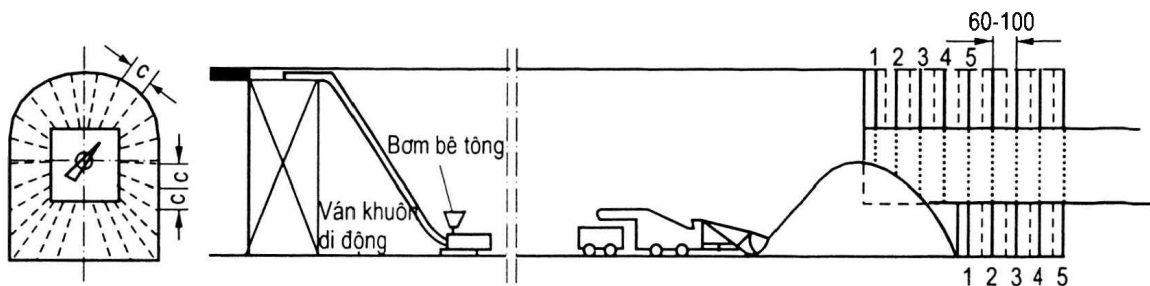
Tuy nhiên, phương pháp bậc thang dưới cũng làm tăng thời hạn thi công toàn hầm so với phương pháp đào toàn tiết diện. Nếu như ký hiệu tốc độ đào bậc dưới và đổ bê tông tường là  $V_1$ , tốc độ đào bậc trên và đổ bê tông vòm là  $V_2$  thì tốc độ xây dựng toàn hầm sẽ là:

$$V = \frac{V_1 V_2}{V_1 + V_2} \quad (1.1)$$

Theo công thức này dễ dàng nhận thấy rằng nếu tốc độ đào bậc trên là 100m/tháng, bậc dưới là 150m/tháng thì tốc độ đào toàn hầm không vượt quá 60m/tháng, nói cách khác là chỉ bằng 60% tốc độ đào bậc trên.

#### 4. Phương pháp hang dẫn giữa

Trong thực tế, xây dựng hầm trong đá cứng không cần chống đỡ tạm trước khi xây vòm thì phương pháp hang dẫn giữa cũng thường được áp dụng.



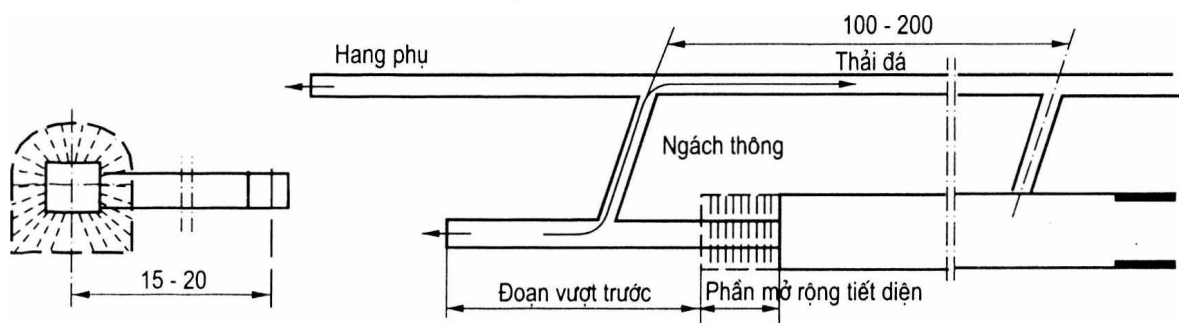
Hình 2.37: Phương pháp hang dẫn giữa

Trong trường hợp đơn giản (hình 2.37), ở phần giữa hang tiến hành đào một hang dẫn hình chữ nhật hay dạng vòm, kích thước của hang dẫn được quyết định sao cho từ nó có

thể khoan các lỗ theo phương bán kính đến chu vi thiết kế của hang. Các lỗ được khoan vuông góc với trục hầm, và khoan bằng máy khoan dạng cột đỡ, đặt trong hang dẫn.

Việc nổ mìn được tiến hành theo từng lát một, chiều dày 60 - 100cm, đảm bảo mở rộng tiết diện và tiết kiệm thuốc nổ do có hai mặt thoáng. Để tránh bị lấp hang do đá nổ ra tiến hành nổ gương theo dạng bậc thang. Việc thải một khối lượng lớn đá nổ ra thường bằng máy xúc loại gầu, chuyển ra ngoài bằng các goòng dung tích lớn hoặc ô tô tự đổ.

Do không thể thi công song song công tác thải đá từ hang dẫn và khoan các lỗ theo phương bán kính mà việc khoan chỉ được bắt đầu sau khi đã đục thông hai gương ngược chiều nhau của hang dẫn, nên càng kéo dài việc đào mở rộng thì thời hạn xây dựng hầm tăng lên. Nhược điểm này có thể được khắc phục bằng việc đào một hang phụ song song với trục hầm với tiết diện bé (khoảng  $6m^2$ ) (xem hình 2.38).



**Hình 2.38:** Phương án có hang phụ

Hang phụ nối với hang dẫn giữa bằng các ngách thông cách nhau 100 - 200 mét đảm bảo có đường thoát đá từ gương đào ra, để bố trí ống thông gió và thoát nước v.v...

Ngoài ra hang dẫn phụ có thể đào với tốc độ lớn hơn hang dẫn giữa để có phần vượt trước. Trong trường hợp này, trên cơ sở hang phụ có thể mở qua hang ngang các gương thi công để rút ngắn thời gian thông hầm.

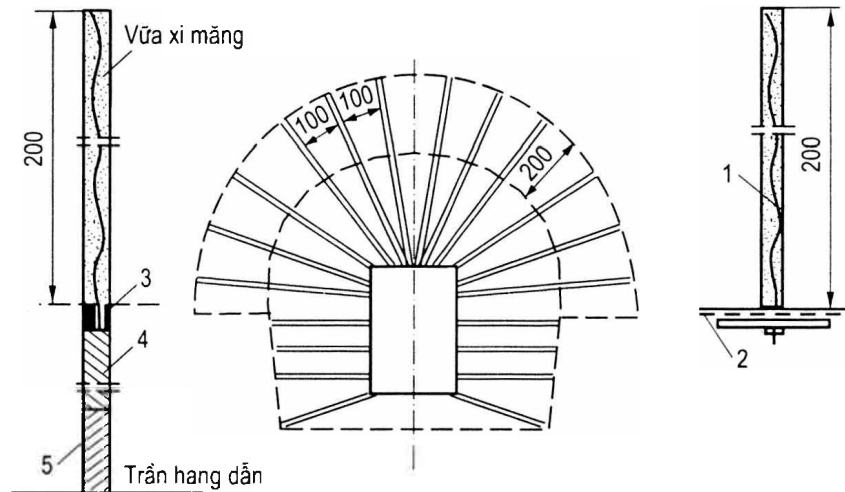
Việc có hang dẫn phụ sẽ làm đắt thêm, nhưng đảm bảo thi công thuận lợi hơn, rút ngắn được thời gian xây dựng hầm. Phương án có hang phụ là hợp lý khi thi công các hầm dài và sau này hang phụ được sử dụng để thông gió cho hầm chính theo sơ đồ thông gió bán ngang.

Phương pháp hang dẫn giữa cho phép cơ giới hóa đồng bộ việc thi công hầm và đảm bảo tốc độ đào hầm lớn nhưng được áp dụng hạn chế trong địa tầng không đòi hỏi phải chống đỡ tạm.

Việc sử dụng rộng rãi vì chống neo trong xây dựng hầm đã cho phép mở rộng phạm vi áp dụng của phương pháp hang dẫn giữa.

Trong trường hợp cần thiết, địa tầng ở nóc hang có thể được gia cố bằng neo, trước khi mở rộng ra toàn tiết diện. Sơ đồ này đã được áp dụng khi xây dựng hầm trong địa

tầng nứt nẻ mạnh (ở Pháp). Từ hang dẫn giữa (hình 2.39) đã khoan các lỗ theo phương bán kính, sao cho đáy lỗ vượt ra ngoài biên hang thiết kế 2 mét (chiều dài neo tính toán) cách nhau 1 mét. Trong phần lỗ nằm ngoài biên hang thiết kế tiến hành đặt neo là thanh thép 1, đường kính 12mm, đầu trong có tiện ren để sau này vặn ốc có bản đệm để ép lưới thép 2. Đầu trong của neo xuyên qua một nút cao su 3 và phần ngoài có thanh thép được ép vữa xi măng sét với áp lực 15 at, khi đó ngoài việc đảm bảo sự liên kết một cách tin cậy thanh thép với vách lỗ mà còn xi măng hoá cả khối đá bao quanh hang, biến chúng từ nứt nẻ thành toàn khối.



**Hình 2.39:** Phương án có dùng neo

Sau khi vữa xi măng trong phần neo đạt cường độ thiết kế, thì phần lỗ nằm trong phạm vi tiết diện hang được nạp mìn (nạp mìn 4 và nút mìn 5). Việc nổ mìn theo từng lát và trên một đoạn dài đến 15 mét cho một lần nổ.

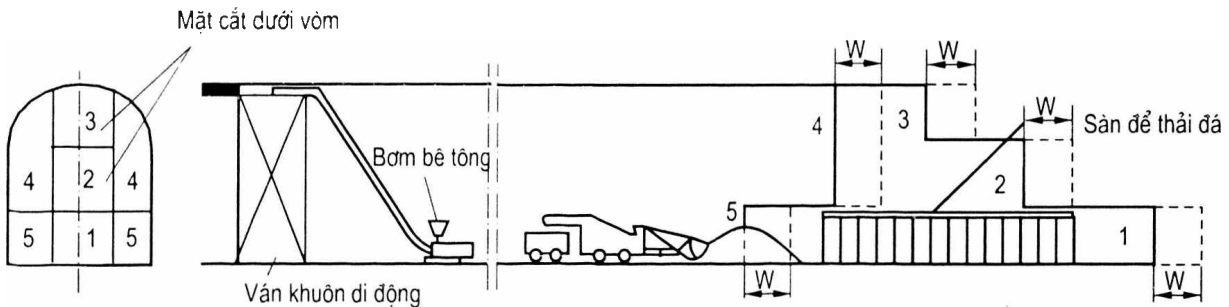
Việc có ở trong nóc hang các cốt thép và vòm đá đã xi măng hoá cho phép tiến hành đào mở rộng ra toàn tiết diện mà không cần chống đỡ tạm, giảm lượng đào vượt đến tối thiểu. Để đảm bảo an toàn cho thi công người ta treo lưới thép lên các đầu neo và hàn các cốt thép tăng cường.

Việc áp dụng phương án này của phương pháp hang dẫn giữa đã nâng cao tốc độ đào hầm lên 6 mét ngày, an toàn tuyệt đối và giảm lượng đá nổ ra cũng như chi phí bê tông.

Đặc biệt của việc áp dụng thanh neo dạng lượn sóng ngàm trong vữa xi măng là không có sự căng trước, như đã biết là để ngăn ngừa biến dạng dư của địa tầng khi đào mở rộng hang. Trong trường hợp này neo được đặt trước khi đào hang, do lực dính bám và ma sát khá lớn giữa bề mặt neo và vách lỗ mà trạng thái của địa tầng đã được cố định trước khi bị phá hoại do công tác đào. Phương pháp nêu trên là khá thú vị và kiến nghị áp dụng trong các đá đòi hỏi phải chia tiết diện hang làm nhiều mảnh nhỏ để thi công.

## 5. Phương pháp chia nhỏ dưới vòm

Khi đào hang không cần chống tạm trong địa tầng cứng chắc mà trình độ cơ giới hoá thấp, phương án đào toàn tiết diện bị loại trừ, thì có thể áp dụng phương pháp chia nhỏ dưới vòm (hình 2.40). Với phương pháp này, từ hang dẫn dưới 1 tiến hành đào mở rộng phần giữa hang một đến hai lần (các phần 2, 3). Sau đó tiến hành đào mở rộng sang hai bên 4 và mở rộng phần tường 5. Các phần mở rộng trong phần vòm được nổ mìn với hai mặt thoáng, còn mở rộng phần tường có đến 3 mặt thoáng, do đó tiết kiệm đáng kể thuốc nổ so với đào toàn tiết diện (thường  $30 \div 40\%$ ).



**Hình 2.40:** Phương pháp chia nhỏ dưới vòm

Đất đá nổ ra từ các mặt cắt dưới vòm nằm lại trên sàn công tác, được lắp dựng trong hang dẫn dưới. Việc thải đá vào goòng ở phía dưới thực hiện qua các lỗ phễu và máng rót (vì thế phương pháp này còn được gọi là phương pháp giàn giá phễu).

Ưu điểm của phương pháp là ngoài việc tiết kiệm thuốc nổ như đã nêu trên, thì công tác khoan, thải đá cũng hết sức thuận lợi.

Khi gặp các địa tầng yếu hơn thì phần vòm vẫn được chống đỡ bằng các loại vòm chống quen thuộc. Về nguyên tắc phương pháp này áp dụng cho các loại địa tầng như vậy là không hợp lí. Tuy nhiên khi hầm cắt qua một đoạn ngắn yếu, có áp lực địa tầng thì phương pháp vẫn có thể áp dụng có hiệu quả.

## §4. CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐẶC BIỆT ĐỂ THI CÔNG HẦM

Khi xây dựng các công trình ngầm trong những điều kiện địa chất công trình đặc biệt phức tạp đòi hỏi phải sử dụng các phương pháp đặc biệt khác nhau như gia cố nhân tạo khối đất đá ở những đoạn này.

Những phương pháp gia cố nền nhân tạo như xi măng hoá, sét hoá, silicat hoá hoặc đóng băng nhân tạo.

Việc chọn phương pháp này hay phương pháp khác, vật liệu này hay vật liệu khác để gia cố nền đất đá phụ thuộc vào thành phần khoáng vật của đất đá, các tính chất cơ lý, mức độ thấm, đặc trưng bằng "hệ số thấm" của đất đá, thành phần hoá học của nước dưới đất và tính xâm thực của chúng.

Phạm vi ứng dụng các phương pháp đặc biệt để gia cố đất đá có thể tham khảo bảng 2.1 dưới đây.

**Bảng 2.1**

Phương pháp gia cố	Các loại đất đá	Hệ số thấm k (cm/s)
Ximăng hoá	Các loại trầm tích aluvi, hạt lớn, sỏi cuội, đá nứt nẻ có độ mở khe nứt từ 0,1mm và lớn hơn	$10^{-1} - 10^{-3}$
Sét hoá	Cát hạt trung, đá với các khe nứt lớn hơn 0,05 - 1,00mm	$10^{-3} - 10^{-6}$
Silicat và keo hoá	Cát hạt nhỏ, sa thạch rỗng, đá nứt nẻ	$10^{-4} - 10^{-6}$
Đóng băng nhân tạo	Đất yếu bão hoà nước (trừ đất bị castơ mạnh)	$\leq 5.10^{-1}$

### 1. Phương pháp ximăng hoá để gia cố đất đá

Đây là phương pháp gia cố một phần của khối địa tầng mong muốn bằng cách ép vữa ximăng hoặc ximăng cát qua các lỗ khoan vào địa tầng. Việc khoan lỗ thường sâu 30 - 40m và hơi xoè ra một chút theo hướng của tuyến hầm.

Việc ximăng hoá thực hiện đối với tất cả các lỗ khoan sẽ tạo nên một khối đá chặt, độ bền và tính chống thấm cao hơn so với khối đá không được gia cố. Việc tính toán các thông số hình học của công tác ximăng hoá để gia cố trước khối đá trước gương như mong muốn chỉ là tương đối, bởi vì việc thâm nhập vữa ximăng từ lỗ khoan vào sâu trong khối địa tầng với những khoảng khác nhau phụ thuộc vào trị số mở, hướng và các đặc trưng của khe nứt, phụ thuộc vào thành phần, độ đậm đặc của vữa và áp lực ép và nhiều yếu tố rất khó xác định khác.

Bán kính tối ưu của phần đất đá được gia cố trong khối đá nứt nẻ tính theo công thức sau, xuất phát từ giá thành công tác phụ là thấp nhất:

$$R_o = \sqrt{\frac{e_1}{\pi n_1 e_2} + \frac{c^2}{2}}, \quad m \quad (2.2)$$

trong đó:

$e_1$  - giá thành khoan 1m lỗ, đ/m;

$e_2$  - giá thành chế tạo và ép 1m<sup>3</sup> vữa phụ, đ/m<sup>3</sup>;

$m_1$  - hệ số nứt nẻ (đối với argilit, alevrolít, cát kết và các đá yếu nứt nẻ khác  $m_1 = 0,001 - 0,003$ . Đối với granit, poocfiarit, đá vôi và đolômit trong vùng phá hoại kiến tạo  $m_1 = 0,01 \div 0,03$ );

$c$  - chiều dày vùng gia cố, m.

Do phức tạp của bài toán giải tích, nên chiều dày  $C$  của vùng gia cố xác định bằng thực nghiệm. Sơ bộ  $C$  có thể xác định theo công thức:

$$C = k.b \quad (2.3)$$

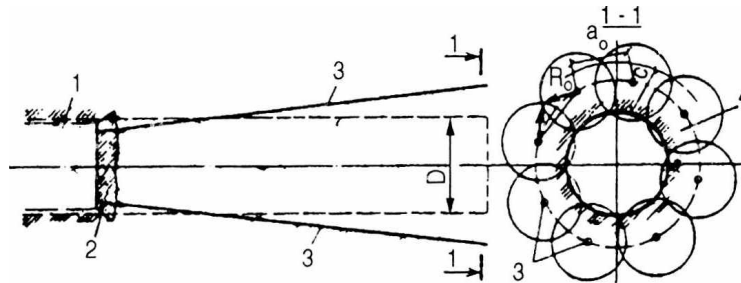
trong đó:

$b$  - bề rộng hang ngầm, m;

$k$  - hệ số tỷ lệ, xác định phụ thuộc vào đặc trưng của địa tầng; đối với đất có hệ số độ cứng  $f_k = 5 \div 10$  giá trị của  $k = 0,27 \div 0,1$ ; trong đất yếu có  $f_k = 2 \div 3$  thì  $k = 0,4 \div 0,3$ .

Theo giá trị của  $R_0$  nhận được người ta xác định khoảng cách tối ưu giữa các lỗ khoan theo chiều dài cuối cùng là (hình 2.41):

$$a_0 = \sqrt{4R_0^2 - C^2}, \text{ m} \quad (2.4)$$



**Hình 2.41:** Sơ đồ tính để xác định các thông số lỗ khoan phụ  
1. Hang; 2. Tường bê tông; 3. Các lỗ khoan; 4. Vùng đất được gia cố.

Trị số sai lệch của các lỗ khoan phụ phụ thuộc vào chiều sâu của chúng và phương tiện khoan cũng như trình độ chuyên môn của thợ khoan. Đối với lỗ khoan dài 30 - 50m thì độ sai lệch là 0,3 - 1m.

Số lượng lỗ khoan phụ  $N_0$  ở gương hầm tiết diện tròn là:

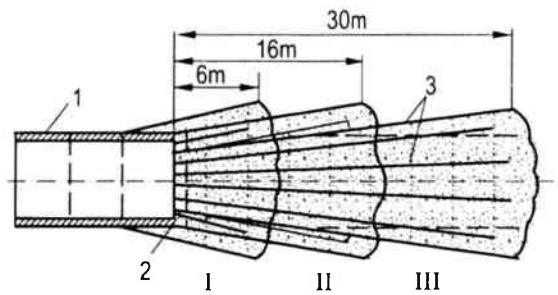
$$N_0 = \frac{\pi \left( D + \frac{C}{2} \right)}{a_0} \quad (2.5)$$

trong đó:  $D$  - đường kính hang hầm, m.

Để thi công công tác khoan phụ trong các hang ngầm có thể sử dụng tổ hợp thiết bị KTT - 1 của Nga hoặc các tổ hợp tương tự bao gồm thiết bị khoan, các cốt thép tăng cường, bơm phụ vữa xi măng, bộ trộn vữa, các thiết bị cấp nước và xi măng.

Công tác gia cố trước khối đá nứt nẻ từ trong hang ngầm thường bao gồm các dạng công tác sau: xây dựng tường phản áp bằng bê tông có đặt sẵn các thiết bị định vị. Còn trong trường hợp có lõi đá ổn định hoặc lõi gia cố nhân tạo thì khoan các lỗ khoan và đặt thiết bị định vị ở trong các lõi này; khoan các lỗ khoan phụ qua thiết bị định vị; rửa lỗ khoan phụ; thử nước và chuẩn bị khối đá sẽ gia cố (ép nước để xác định hệ số thấm và làm sạch khe nứt); khoan các lỗ kiểm tra và xác định lượng tiêu hao nước đơn vị còn lại.

Để xi măng hoá có thể dùng xi măng poóclăng, xi măng poóclăng xỉ và xi măng sét hoặc xi măng tam hợp... Việc chọn loại xi măng chủ yếu phụ thuộc vào các điều kiện thạch học của môi trường, tính xâm thực của nước, ý nghĩa, yêu cầu của công tác xi măng hoá. Trên hình 2.42 là một ví dụ về công tác xi măng hoá quanh hầm.



**Hình 2.42:** Trình tự công tác xi măng hoá trong hầm

I, II, III - Các vùng phụt; 1. Vỏ hầm bê tông; 2. Vách bê tông ở gương; 3. Lỗ khoan phụt

## 2. Công tác sét hoá

Sét hoá là phương pháp để chống thấm cho hang ngầm khi lưu lượng thấm không lớn lắm trong địa tầng nứt nẻ với độ thấm (0,1 - 100)l/phút. Tùy thuộc vào độ thấm của địa tầng khi sét hoá người ta dùng vữa sét, vữa sét silicát hoặc vữa sét xi măng.

Để chế tạo vữa sét có thể có thể dùng đất sét hoặc á sét. Mật độ vữa có thể từ 1,2 - 1,45 g/cm<sup>3</sup> với độ loãng từ 18 đến 26cm. Để ép nước ra khỏi vữa và rút ngắn quá trình lắng kết của các hạt sét người ta tăng áp lực ép đến 3MPa. Các vữa sét silicát chế tạo trên cơ sở các bentonít khuếch tán nhanh và các loại sét phổ biến ở các địa phương.

Các vữa sét xi măng so với vữa xi măng thì kinh tế hơn ổn định hơn đặc trưng bằng độ sụt nhỏ hơn. Hàm lượng sét trong vữa sét xi măng có thể dao động từ 50 đến 150% khối lượng xi măng. Để sét hoá đá người ta dùng các thiết bị giống như xi măng hoá.

## 3. Công tác silicát hoá

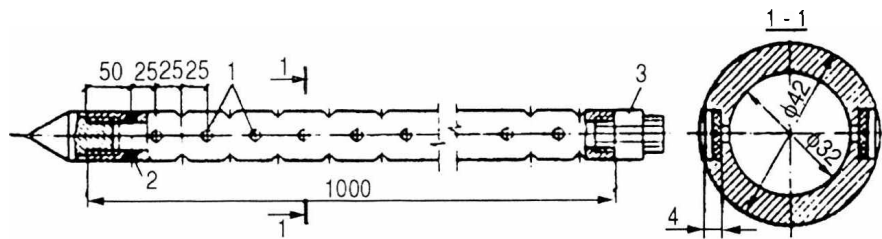
Công tác silicát hoá là một phương pháp gia cố hoá học các loại địa tầng cát sỏi hoặc cát do sự phản ứng hoá học tương hỗ giữa thuỷ tinh lỏng và clorua canxi ép lần lượt vào trong lỗ rỗng của địa tầng. Việc silicát hoá rất có hiệu quả với địa tầng cát hạt trung và cát hạt nhỏ có hệ số thấm 2,5 - 80m/ngày đêm. Đối với các loại đất sét việc silicát ít hiệu quả. Không áp dụng silicát hoá trong những đất đóng băng vĩnh cửu và các loại đất gia cố kém ổn định trong điều kiện đóng băng. Độ bền của đất gia cố bằng silicát hoá có thể đạt 3 - 4 MPa đối với cát mịn, 2 MPa đối với cát trung và 1 MPa với cát thô (hạt lớn). Cường độ của đất gia cố tăng khá nhanh. Đất có thể đạt 50% cường độ thiết kế sau 2 giờ, phần còn lại là trong vòng 15 - 20 ngày. Các thiết bị để silicát hoá bao gồm kim phụt và các thiết bị để đóng, các ống và bơm để ép vữa.

Quá trình công nghệ cơ bản của việc silicát hoá là hạ kim phụt đến độ sâu thiết kế, ép vữa và rút kim phụt. Kim phụt được chế tạo từ những ống thép vách dày đường kính từ 19 đến 42mm lập từ các đoạn ống có khoan lỗ và các đoạn ống không khoan lỗ nối với nhau. Phần có khoan lỗ thường ở cuối kim phụt.

Trên hình 2.43 là một loại kim phụt, nó là loại ống có vách dày, có khoan các lỗ phụt 1 đường kính 3mm (tính toán sao cho có 60 - 80 lỗ trên 1m ống) có đầu nhọn 2 và đầu nối 3. Việc đóng kim phụt vào trong đất có thể dùng búa loại nặng, kích thuỷ lực hoặc



các thiết bị đóng dùm điện khác với tốc độ 5 - 10 và 20 m/h. Việc dùm các thiết bị rung khác để hạ kim phụt cũng rất hiệu quả. Việc ép vữa có thể dùng bơm thủy lực hoặc bơm bùn.



**Hình 2.43: Kim phụt**

Giáo sư B.A. Rzanhixun kiến nghị công thức để xác định sơ bộ bán kính vùng gia cố trong địa tầng đồng nhất có thể áp dụng silicat hoá như sau:

$$R = 0,25\sqrt{k_{\phi}} \quad (2.6)$$

trong đó:  $K_{\phi}$  - hệ số thấm của địa tầng, m/ngày đêm.

Để gia cố có hiệu quả hoàn toàn, khoảng cách giữa các hàng lỗ phụt lấy bằng  $1,73R$ .

Trong đất cát chiều sâu hạ kim có thể đạt 10 - 12m còn trong cuội sỏi chỉ 3,5m. Trong những năm gần đây người ta còn áp dụng có hiệu quả việc silicat một loại vữa, silicat điện thấm và silicat khí.

Khi silicat một loại vữa người ta đưa vào trong đất một loại vữa tạo keo từ hai hay ba loại hoá chất thành phần. Mật độ vữa gần như mật độ của nước. Nhờ tính chất này của vữa mà có thể phụt vào nền cát mịn có hệ số thấm  $k = 0,5 \div 5$  m/ngày đêm để gia cố chúng. Silicat một loại vữa có thể tạo nên đất không thấm nước và độ bền đạt 0,2 - 0,3 MPa. Khi dùng vữa từ silicat natri, và axit hydrô silic ( $H_2SiF_6$ ) có thể đạt được đất có độ bền cao (2 - 4MPa).

*Silicat điện thấm* dùng để gia cố các loại cát bụi quá ẩm hoặc các loại bùn có hệ số thấm nhỏ hơn 0,2 m/ngày đêm. Phương pháp này dựa trên việc sử dụng hai điện cực hỗ trợ quá trình phụt để tăng cường quá trình dịch chuyển của vữa phụt. Đất sau khi phụt sẽ không bị phá hoại do nước và có độ bền đạt 0,5 - 0,8 MPa.

*Silicat khí:* phương pháp này áp dụng có hiệu quả trong đất cát có hệ số thấm từ 0,5 đến 20 m/ngày đêm. Phương pháp dựa vào việc sử dụng khí cacbonic làm chất khuyết tán thủy tinh lỏng, cho phép gia cố đất để có độ bền đạt tới 2 - 2,5MPa và giảm độ thấm đi hàng trăm lần.

#### **4. Phương pháp đóng băng nhân tạo**

Dựa trên đặc điểm của các loại đất bão hoà nước khi làm đóng băng sẽ có độ bền và tính chống thấm cao. Trong quá trình đóng băng nước nằm trong các khe nứt và lỗ rỗng sẽ liên kết các hạt của các loại đất khác nhau lại.

Các loại đất chứa nước từ 30 đến 40% sẽ có độ bền lớn nhất khi được đóng băng. Khối đất đóng băng sẽ bảo vệ hang ngầm không bị nước chảy vào khi đào các đoạn hầm nằm trong những điều kiện địa chất công trình và địa chất thủy văn phức tạp.

Việc đóng băng khối đất tạo được là do quá trình trao đổi nhiệt khi cho các chất làm lạnh qua các ống đặt sẵn trong khối địa tầng cần đóng băng.

Số lượng lỗ khoan để đóng băng trong đó có đặt ống làm lạnh nhân tạo được xác định bằng công thức:

$$n = \frac{\pi D_1}{a} \quad (2.7)$$

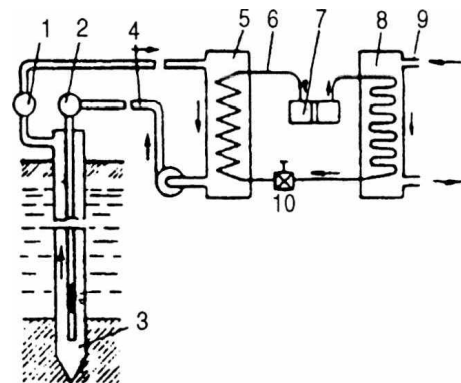
trong đó:

$a$  - khoảng cách giữa các lỗ khoan theo chu vi của khối địa tầng cần đóng băng, đối với giếng đứng  $a = 1,0 \div 1,25\text{m}$ ; đối với hang ngang  $a = 1,2 \div 2,0\text{m}$ ;

$D_1$  - đường kính vòng đóng băng xung quanh hang tính theo trục bố trí các lỗ khoan để đóng băng, m.

Người ta thường sử dụng khí adôl lỏng, amôniac lỏng hoặc cacbonic lỏng để làm chất làm lạnh. Chất lỏng clorua canxi có khối lượng riêng 1,25 ở nhiệt độ âm từ  $-20^\circ$  đến  $25^\circ\text{C}$  được đưa vào lưu thông trong ống theo chu kỳ là chất dẫn nhiệt làm lạnh (Raxxol).

Theo sơ đồ (hình 2.44) Raxxol lạnh trong buồng 5 của trạm lạnh được đưa theo ống dẫn 4 vào lưới phân bố 2 đường kính 150 - 200mm sau đó đến từng kim lạnh 3. Sau một chu kỳ như vậy độ lạnh sẽ được tỏa vào trong khối đất còn Raxxol lại trở về lưới thu 1 rồi về trạm. Ở đây lại xảy ra quá trình làm lạnh. Sau một chu kỳ chất làm lạnh trở về trạm 5 sẽ ở dạng hơi qua ống 6 đến máy nén khí 7 vào trạm điều hoà 8 ở đây chúng lại trở thành lỏng. Nhiệt tỏa ra sẽ đưa vào nước dẫn vào từ ống 9. Chất làm lạnh lỏng lại trở lại trạm qua van 10. Để kiểm tra liên tục và giám sát quá trình hoạt động của trạm lạnh, dọc lưới thu và lưới phân bố người ta bố trí các thiết bị đo (áp kế, nhiệt kế, van an toàn và thiết bị điều áp).

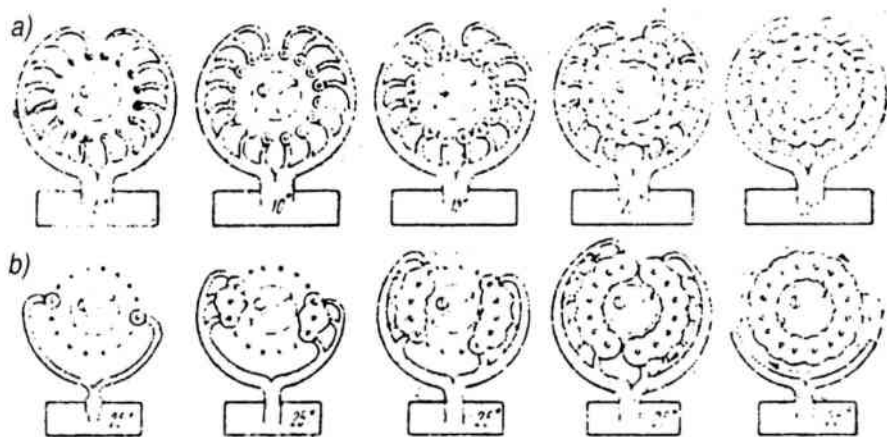


**Hình 2.44:** Sơ đồ đóng băng đất

Người ta thường phân biệt các phương pháp làm lạnh song song và tuần tự.

Với *phương pháp song song* (hình 2.45a) tất cả các lỗ khoan được làm lạnh đồng thời cùng một lúc để tăng từ từ kích thước và khép dần vòng lạnh đóng băng.

Với *phương pháp tuần tự* việc bố trí lỗ khoan vẫn như phương pháp trên còn việc làm lạnh thì bắt đầu từ hai hay một vài lỗ khoan nằm trên một đường kính với việc giảm nhiệt độ đồng thời trong các lỗ khoan bên cạnh.



**Hình 2.45: Phương pháp đóng băng**  
a) Phương pháp song song; b) Phương pháp tuần tự

Sau khi giảm nhiệt độ trong các lỗ khoan cạnh nhau đến độ không là lúc bắt đầu một chu kỳ tạo băng, còn các lỗ khoan đã đóng băng chỉ nhận được chất dẫn nhiệt lạnh vào từng thời điểm để tránh làm tan băng xung quanh chúng mà thôi.

Chế độ như vậy được gọi là chế độ đóng băng bị động và đòi hỏi trung bình 30 - 50% lạnh so với chế độ đóng băng liên tục hay chế độ đóng băng tích cực (chủ động). Quá trình đóng băng các lỗ khoan với phương pháp tuần tự mô tả trên hình 2.45b. Phương pháp làm đóng băng tuần tự cho phép giảm công suất lạnh của trạm một cách đáng kể nhưng thời gian của quá trình đóng băng sẽ tăng.

### Chương 3

## CÔNG TÁC KHOAN NỔ MÌN

Đa số các công trình ngầm được thiết kế và xây dựng trong đá cứng. Việc làm tối đa trong quá trình đào hang được thực hiện chủ yếu bằng công tác khoan nổ mìn: khoan vào địa tầng những lỗ khoan đường kính khác nhau, nạp thuốc nổ mìn để phá vỡ và đập nhỏ đất đá theo mong muốn. Theo thống kê cho đến nay việc phá đá bằng khoan nổ mìn chiếm 95% khối lượng đào đất đá ngầm. Điều đó chứng tỏ đây là phương pháp khá hiệu quả, đơn giản trong thực tế xây dựng hầm.

### §1. CÔNG TÁC KHOAN LỖ VÀ THIẾT BỊ KHOAN

Công tác khoan có liên quan đến một tổ hợp các công đoạn sản xuất liên quan đến việc khoan lỗ trong địa tầng. Theo thuật ngữ khoan: lỗ mìn nhỏ có đường kính  $\leq 75\text{mm}$  khoan sâu vào đất đá  $\leq 5\text{m}$  tạo để bố trí lượng thuốc nổ nhất định, còn lỗ khoan lớn khi tạo khoảng trống đường kính lớn hơn 75mm. Vị trí khoan lỗ gọi là miệng lỗ còn phần đáy lỗ gọi là gương khoan.

Công tác khoan là quá trình khó khăn nhất, quyết định giá thành công tác đào hầm nói chung. Việc khoan lỗ nhỏ được thực hiện bằng búa khoan hoặc máy khoan cũng như khoan điện. Còn khoan lỗ mìn lớn bằng các máy khoan tự hành.

Khi thi công ngầm từ trước đến nay người ta dùng nhiều hơn cả là các búa khoan khí nén dạng khác nhau với nguồn năng lượng chủ yếu là khí nén dẫn trong ống từ trạm nén khí. Ngày nay, xu hướng dùng chất lỏng được nén với áp lực cao làm năng lượng cũng đang phát triển và đã ra đời các búa khoan thủy lực đảm bảo tốc độ khoan khá lớn.

Trong những năm gần đây người ta cũng sử dụng các máy khoan xoay dùng điện để khoan lỗ mìn trong các loại đá có  $f_{kp} \leq 8$ .

Theo điều kiện áp dụng và phương pháp giữ búa khí khoan người ta phân ra làm búa khoan tay, khoan cột và kiểu có tay búa co dẫn được. Loại khoan tay và khoan có tay búa chủ yếu là khoan đập quay, còn loại khoan cột đỡ có thể là khoan đập quay và khoan đập xoay. Búa khoan tay lại phân ra làm loại nhẹ, loại trung bình và loại nặng. Những búa khoan loại này người ta sử dụng chủ yếu để thi công những hầm tiết diện nhỏ, khi thi công các công tác phụ (đào rãnh nước, phá đá quá cỡ v.v...). Những khoan tay loại nặng dùng với số lượng hạn chế để khoan giếng, để khoan các lỗ hướng từ trên xuống. Các búa khoan tay trong quá trình thi công được giữ bằng thiết bị chuyên dụng

như tay đỡ khí nén, để tiếp nhận phần lớn trọng lượng của búa và đảm bảo có lực ép dọc trục cần thiết vào đáy lỗ khoan.

Búa khoan có tay đỡ co rút được dùng để khoan các lỗ thẳng đứng hoặc có độ nghiêng lớn ( $\leq 60^\circ$ ) đến độ sâu  $\leq 4\text{m}$  và được sử dụng khá rộng rãi khi khoan neo gia cố nóc hang. Loại búa khoan này thường được gắn trên một tổ hợp gọn hoặc một xe mang khí nén để làm cho quá trình khoan đơn giản hơn.

Máy khoan dạng cột dùng để khoan lỗ chỉ khi có thiết bị đỡ chuyên dụng vì trọng lượng búa rất lớn (đến 150kg) và lực nén dọc trục cao, đạt tới 12 kN. Loại búa khoan này là công cụ chủ yếu để khoan hầm và những công trình ngầm tiết diện lớn như gian máy, các buồng ngầm v.v... Đặc trưng chủ yếu của một số loại búa khoan thường dùng do Liên Xô (cũ) chế tạo được liệt kê trong bảng 3.1.

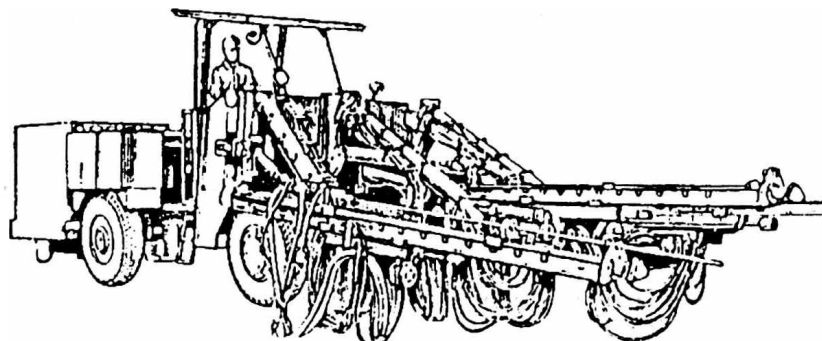
**Bảng 3.1.**

Loại búa	Mác máy	Dạng năng lượng	Số lần đập trong 1 phút	Tiêu hao khí nén ( $\text{m}^3/\text{ph}$ )	Trọng lượng (kg)
Búa khoan cầm tay	ПР - 19	Khí nén	1800-1900	2,5	23
	ПР - 22		1700 - 1850	2,8	24
	ПР - 25		2300 - 2600	3,6	31
	ПР - 30K		1600 - 1680	3,5	30
Búa khoan có giá co rút	ПТ - 29		2500 - 2620	3,3	30,1
	ПТ - 36M		2700 - 2800	4,5	37
	ПТ - 45		1750 - 1800	4	43
Búa khoan cột đỡ	ПК - 65		2500	10	60
	ПК - 75		2000	12	75
	БГА - 1		2500	10	120
	ГП - 2	Dầu ép	3600		120

Bộ phận truyền động chủ yếu trong các búa khoan cột hiện đại thường là hệ vítme hoặc xích với một động cơ và hộp số gọn nhẹ đơn giản (khí nén hoặc thủy lực). Búa khoan cột cùng với bộ phận truyền động được tổ hợp với nhau thành một cụm gọi là dầm khoan, là bộ phận chính của các máy khoan trong thi công hầm hiện nay. Ngày nay các nước có công nghệ phát triển các dầm khoan thường được gắn lên một xe mang chạy xích hoặc lốp thành các máy khoan tự hành. Số lượng dầm khoan gắn lên xe mang có thể là 2, 3, 5. Đôi khi các loại búa khoan gắn lên một xe mang cũng có sự tổ hợp cần thiết theo yêu cầu của công nghệ thi công.

Ở Liên Xô (cũ) người ta đã sản xuất thiết bị khoan khá tổng hợp (YBIII) để khoan hầm có tiết diện khác nhau. Dầm khoan được gắn một tay khoan để điều khiển, di

chuyển dầm khoan. Mỗi tổ hợp này được gọi là một môđun khoan. Phổ biến hơn cả ở Liên Xô (cũ) là máy khoan dạng УБШ-532 (hình 3.1). Máy gồm một xe mang có động cơ diezen. Trên xe mang có gắn ba môđun khoan và một cụm điều khiển. Trên một môđun khoan có 1 búa khoan dạng cột và bộ truyền động di chuyển được trên chiều dài 4m. Với thiết bị này có thể đảm bảo chính xác các thông số khoan trong hầm rộng 8m cao 7m. Động cơ diezen của xe mang có thể di chuyển với tốc độ 10 km/h.



*Hình 3.1: Máy khoan tự hành kiểu УБШ-532  
(ЗБК - БД) do Liên Xô cũ chế tạo)*

Cùng với các thiết bị khoan như đã nêu trên, trong xây dựng hầm còn sử dụng các dạng thiết bị khoan khác nhau về kích thước, về công suất, về năng lượng và phương pháp di chuyển v.v... Tính năng của chúng như trong bảng 3.2.

**Bảng 3.2**

Các đặc tính kỹ thuật	Loại thiết bị khoan					
	БУР-2М БУЭ-2	СБУ-2М	СБУ-2К	УБШ-322П (332Д)	УБШ-532Д	УБШ-520Д 2БК-5ДЭВ
Kích thước gương khoan từ một vị trí, m						
+ cao	3,9	3,92	5,8	4,2	7	7
+ rộng	5,5	5,88	6,2	6,9	11,3	8,5
Số máy khoan trên thiết bị	2	2	2	2	3	2
Chiều sâu khoan, m	2,75	3,3	4	3	4	4-5
Bộ phận di chuyển	Bánh ray	Bích xích	Bánh xích	Bánh ray	Bánh hơi	Bánh hơi
Loại búa khoan	БГА-1М	БГА-1М	БГА-1М	БГА-1М ПК -75	ПК -75 БГА-1М	Búa khoan thủy lực
Loại năng lượng	Khí nén, điện	Khí nén	Khí nén	Khí nén	Khí nén	
Tiêu hao khí nén, m <sup>3</sup> /ph	20	20	35	20	35	

Tính năng một số máy khoan do nước ngoài khác sản xuất như trong bảng 3.3.

**Bảng 3.3. Xe khoan tự hành trang bị máy khoan tác dụng xoay đập chạy bằng thủy lực của một số nước tiên tiến**

Số của xe khoan	Loại xe khoan tự hành (nước sản xuất)																
	ATH (1)	PEC (1)	MTH (1)	Rant- ofore (1)	BW- 32R (2)	BW- 32C (2)	Mini matic -H (3)	PVIZ R650 H (3)	M-90 (4)	M-290 (4)	96 RMH (5)	Alim aticH 632 (6)	Alim aticH 832 (6)	Boo- merH 105 (6)	Boo- mer 251 (6)	Boo- merH 132 (6)	Rail drill 251 (6)
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
u sâu lỗ n, m	4	4	4	4	4,8	4	-	-	-	-	-	4	4	3	3,5	4	3 - 3,5
ợng máy n, cái	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	3	1
ích gương n, m <sup>2</sup>	25 - 30	15 - 30	30 - 70	25 - 50	10 - 30	6 - 20	8 - 24	4 - 20	6,33 × 4,74	7,21 × 4,69	-	6 - 20	7 - 25	6 - 20	6 - 25	30 - 70	6 - 13
ng cách giữa ay đỡ khoan,	-	-	-	-	1000	1200	700	-	-	1050	-	1000	1000	-	-	900	-
u cao gá lắp ỡ so với nền,	-	-	-	-	1400	1400	1100	950	-	1610	-	1540	1540	_(8)	_(9)	1800	_(9)
g suất động ện, kW	108	75	130	75	85	2 × 37	70	40	30	48	70	2 × 33,5	2 × 33,5	41	47/55	2 × 45	35 × 50
máy khoan lực, mã hiệu	RPH- 200	RPH- 400	RPH- 400	H50; H60	HH 5001	HH 5001	HL432, HL438	HL432, HL438	HB 51	HB 51	HAPD- 3	AD- 101	AD- 101	COP 1032	COP 1032/ COP 1038	COP 1038 HD	COP 1038 HD/ COP 1238
áy, m	-	-	-	-	3,62	-	-	1,6	1,84	-	3,1	-	2,05	Xe DC4	Xe DC4	3	(10)
ách đất, mm	-	-	-	-	320	-	-	-	-	-	270	-	-	-	-	300	-
độ di chuyển,	-	-	-	7	20	-	-	5	-	3,5	11	1,6	-	-	-	15	-
kinh quay ngoài, m	-	-	-	-	6,1	-	5,4	5,0	10,0	-	-	-	-	3,9	4,8	6,0	-

**Bảng 3.3 (tiếp t**

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
in kính quay ia trong, m	-	-	-	-	3,65	-	1,46	2,60	7,0	-	3,4	-	-	2,55	2,8	-	-
hiều dài thiết bị, (11)	-	-	-	1,2	13,12	-	-	11,9	96,7	2,8	11,4	9,7	8,2 - 10,5	7,7	9,5	13,1	8,2
hiều rộng thiết m (11)	-	-	-	2,5	2,2	-	1,85	1,9	1,27	1,0	2,5	1,75	1,75	1,22	1,65	2,5	1,6
hiều cao thiết bị, (11)	-	-	-	2,7	2,18	-	1,98	2,45	1,86	-	2,3	2,25	1,95	1,9	2,1	2,7	1,9
ối lượng tang p, m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	125	-	-	150	-
ọng lượng thiết tấn	-	-	-	22,56	14,7	-	-	13,7	5,4	-	19,6	11,8	11,8	7,0	8,7	24,52	6,2

**chú:**

1. Sản xuất tại Pháp;
2. Sản xuất tại CHLB Đức;
3. Sản xuất tại Phần Lan
4. Sản xuất tại Anh;
5. Rampmaster sản xuất tại Hoa Kỳ;
6. Sản xuất tại Thụy Điển;
7. Sản xuất tại Thụy Sĩ (loại máy khoan này được sản xuất dưới ba dạng BAP 2-220, BAP2-300, BAP2-380);
8. Tay đỡ BUT-4;
9. Tay đỡ BUT-25;
10. Chạy trên đường xe cở 600, 900;
11. Kích thước thiết bị ở trạng thái vận chuyển.



**Bảng 3.4**

Các đặc tính kỹ thuật	Loại thiết bị khoan				
	HKP-100M	ПБУ-80	СБУ-100 (СБУ-100Г)	СБУ-125	СБУ-80
Số máy khoan trên thiết bị	1	1	1	1	1
Chiều sâu khoan tối đa, m	50	40	25	24	30
Đường kính lỗ khoan, mm	105	65-80	105	125	65,75
Góc khoan so với phương thẳng đứng, độ	0-360	0-360	0;15;30	0-30	0-360
Công suất động cơ điện, kW	3	-	24	43	-
Tiêu hao khí nén, m <sup>3</sup> /ph	7	14	7	10	14
Trọng lượng, t	0,7	2,8	5,0	8,5	0,7

Với trình độ công nghệ hiện nay hàng năm thường ra đời các thế hệ thiết bị khoan hiện đại hơn, công suất lớn hơn và phương thức điều khiển tin cậy, dễ dàng hơn. Phương hướng chung là kích thước thu gọn hơn, công suất lớn hơn, năng lượng và phương thức điều khiển tiến bộ hơn và hiệu quả kinh tế cao hơn các thế hệ trước.

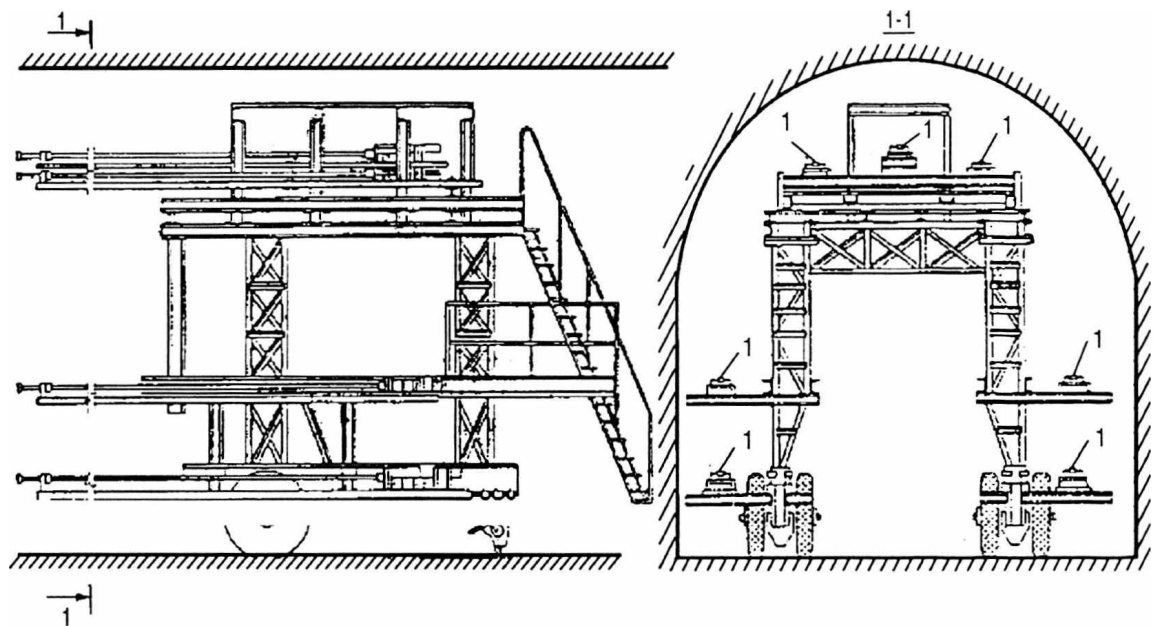
Một dạng thiết bị khoan khác cũng được sử dụng có hiệu quả và khá phổ biến để thi công những hầm tiết diện lớn và chiều dài hầm không lớn lắm (chừng 500m) là khung khoan. Khung khoan là một kết cấu không gian cứng được thiết kế phù hợp với tiết diện hầm có trang bị hai hay ba dải búa khoan. Mỗi dải này khoan một phần tiết diện của hang đã định sẵn. Các dải của khung được khoan đồng thời nên năng suất khoan của khung khá lớn. Việc di chuyển khung khoan ở trong hầm có thể bằng một động cơ gắn trên khung khoan hoặc nhờ một đầu kéo phụ trợ. Trên khung khoan có thể đặt cả các thiết bị để khoan neo, dựng vì chống tạm v.v...

Ưu điểm của khung khoan là có thể trang bị các thiết bị cơ giới khác nhau để thực hiện hầu hết các công đoạn của một chu kỳ đào. Còn nhược điểm chủ yếu là công kênh và thiết kế đơn chiếc cho từng loại hầm nhất định.

Ở một số nước đã sử dụng khung khoan với tốc độ đào trên 100m/tháng. Sơ đồ nguyên tắc của khung khoan như trên hình 3.2.

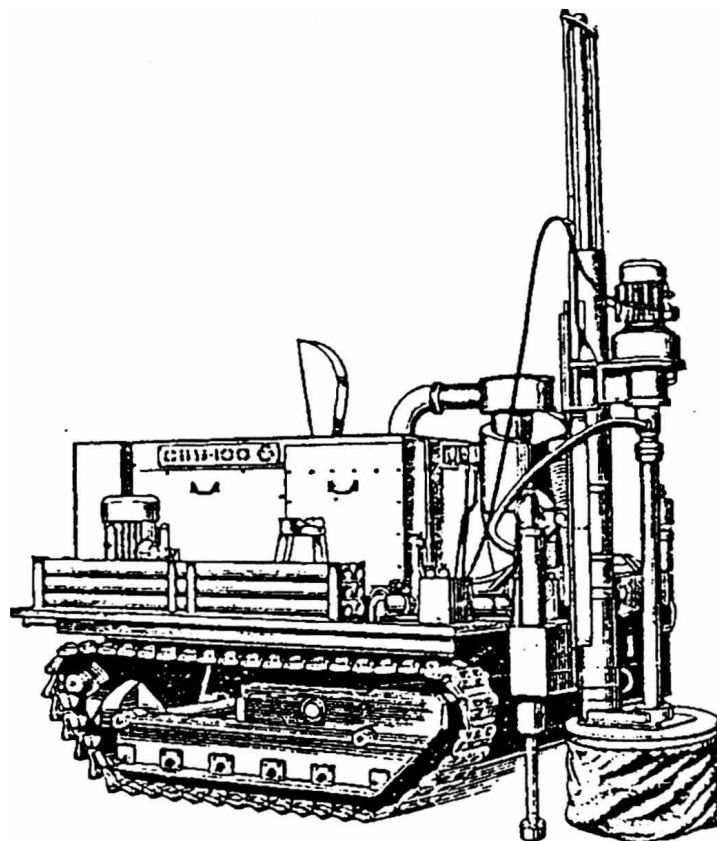
Khi sử dụng các lỗ mìn đường kính lớn thì các thiết bị khoan tự hành có kích thước không lớn được trang bị các búa khoan đập xoay là thiết bị chủ yếu. Thiết bị này có bộ phận nâng hạ búa khoan. Búa khoan dùng cần nối từ nhiều đoạn ngắn (thường nối ren). Đầu cần khoan có gắn mũi khoan. Việc xoay cần khoan được thực hiện bằng một động cơ điện còn việc ép cần khoan vào đáy lỗ (gương khoan) thì dùng một kết cấu chuyên dụng chạy bằng khí nén hay thủy lực (thường gọi là quả đập). Dạng chung của thiết bị khoan loại này như trên hình 3.3. Các đặc trưng cơ bản của nó như trong bảng 3.4. Khi

khoan các lỗ khoan đường kính lớn thường làm sạch lỗ ngay trong quá trình khoan bằng khí nén đưa vào gương khoan.



**Hình 3.2: Khung khoan**

1. Các máy khoan có tay búa di chuyển được.

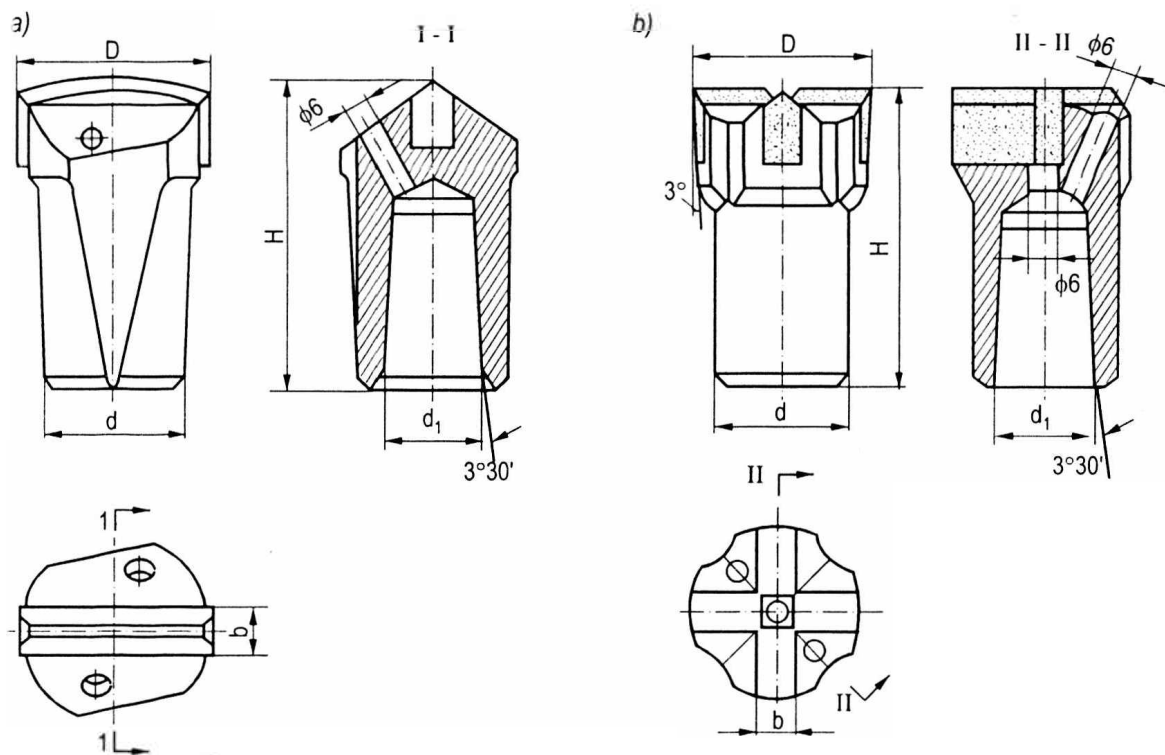


**Hình 3.3: Máy khoan tự hành CBY-100Г để hạ bậc dưới (Liên Xô cũ sản xuất)**

Cần khoan để khoan các lỗ nhỏ là các thanh thép tròn hoặc lục giác có một lỗ nhỏ ở giữa để đưa nước vào gương khoan, làm sạch lỗ và chống bụi. Trên cần khoan có gắn một mũi khoan. Mũi khoan được nối với cần khoan bằng ren thô hoặc dạng côn để dễ tháo lắp. Mũi khoan có các lưỡi khoan chế tạo bằng thép hợp kim BK-6, BK-8 hoặc BK-15 chế tạo từ carbit wolfram và coban luyện theo phương pháp luyện bột. Đầu kia của cần khoan được nối với búa khoan cũng bằng dạng côn hoặc ren thô qua một bộ nối (thường gọi là chuỗi cần khoan).

Khi dùng các loại khoan tay hoặc khoan có giá đỡ cơ rút bằng khí nén, cần khoan thường chế tạo thành từng nhóm chiều dài khác nhau để khoan một lỗ khoan có chiều dài nhất định. Một tổ hợp như thế thường có một cần khoan mỗi dài 400 - 500mm để khoan đầu tiên. Tiếp theo mỗi bước thay đổi thường  $\leq 1500\text{mm}$ , đó là các cần khoan chính. Trong trường hợp này chiều sâu lỗ khoan thường không lớn ( $\leq 3000\text{mm}$ ).

Các mũi khoan có lưỡi hợp kim thường sản xuất để khoan các lỗ có đường kính từ 36 đến 65mm. Phổ biến hơn cả trong thi công hầm là mũi khoan đường kính 42mm. Góc mài vát của lưỡi khoan thường khác nhau, tùy thuộc vào các đặc trưng cơ lý của địa tầng. Ví dụ mũi khoan để khoan trong đá nứt nẻ là lưỡi dạng chữ thập (+), đá ít nứt nẻ thì dùng loại chữ nhất (-) (hình 3.4).



**Hình 3.4: Mũi khoan đá**  
a) Dạng chữ nhất; b) Dạng chữ thập

## §2. VẬT LIỆU NỔ MÌN

Ngày nay ngành công nghiệp hoá chất mỏ đã sản xuất ra các loại thuốc nổ có tính năng đáp ứng được công tác nổ mìn trong các điều kiện địa chất công trình khác nhau.

Khi xây dựng ngầm thường sử dụng các loại thuốc nổ có dạng hỗn hợp nổ cơ học, thành phần chủ yếu là xelit amôniac. Việc điều chỉnh chất nổ thực hiện bằng cách đưa vào loại hoá chất nổ mạnh thành phần thuốc nổ với tỷ lệ khác nhau. Thuốc nổ xelit amôniac được chia làm ba loại chính:

- Nhóm I bao gồm loại thuốc nổ ammônít có tính năng như loại ammônít N<sup>o</sup>6 ЖБ do Liên Xô (cũ) sản xuất mà công nghiệp mỏ nước ta quen dùng, các loại thuốc nổ granulit, grammônít, aliumôtol, granulotol.
- Nhóm II là loại ammônít cứng N<sup>o</sup>1, ammônít cứng N<sup>o</sup>3.
- Nhóm III là loại thuốc đêtonít M.

Ngoài ra còn nhóm đặc biệt có chốt điều chỉnh nổ là loại trotil trong đó xelit ammôniac ở dạng nhũ tương đó là các loại thuốc nổ akvanít, akvanal. Nhóm chuyên dụng của các hỗn hợp nổ cơ học là các loại thuốc nổ ở các gương nguy hiểm do bụi hoặc các khí ngầm. Các loại này người ta đưa thêm vào thành phần các chất giảm nhiệt lượng nổ mìn.

Theo phạm vi và điều kiện áp dụng thuốc nổ công nghiệp được chia làm 6 nhóm:

- Nhóm I: chỉ dùng lộ thiên.
- Nhóm II nổ cả lộ thiên và ngầm, trừ các hang nguy hiểm do khí ngầm và bụi.
- Nhóm III là các loại thuốc nổ an toàn cho các loại đá có khí mêtal.
- Nhóm IV đến nhóm VI là các loại thuốc nổ an toàn đối với mỏ than, hang trong đá diệp thạch và những hang đặc biệt nguy hiểm do khí ngầm và bụi.

Trong thi công các công trình thuỷ lợi ngầm chủ yếu dùng nhóm II là các loại thuốc nổ do Liên Xô (cũ) sản xuất hoặc các loại thuốc nổ sản xuất ở trong nước hoặc các nước khác sản xuất có tính năng tương tự (tham khảo bảng 3.5).

**Bảng 3.5**

Loại thuốc nổ*	Tên thuốc nổ*	Phạm vi áp dụng
1	2	3
Loại thuốc nổ granulit ổn định trong nước để phá đá có độ cứng trung bình trong các gương ướt	Gramônai A-8, gramônít 79/21B, granulit AC-4B, AC-8B	Đổ nạp lỗ khoan lớn hạ bậc dưới hầm
Loại thuốc nổ granulit không ổn định trong nước để phá đá có độ cứng trung bình và đá cứng trong các gương khô và ẩm	Granulit AC-4, AC-8, igđanit, gramônít 79/21	như trên
Thuốc nổ nén thành bánh (thỏi) cho đá cứng khô ráo hoặc ướt;	Ammônít cứng N <sup>o</sup> 1	Nạp cho lỗ mìn nhỏ khi đào hang ngầm

**Bảng 3.5 (tiếp theo)**

1	2	3
Thuốc nổ dạng bột ổn định trong nước, công suất lớn dùng cho đá cứng khô ráo hoặc ngâm nước	Đetonit M	Như trên
Thuốc nổ dạng bột ổn định trong nước, công suất trung bình dùng cho đá có độ cứng trung bình, khô ráo hoặc ngâm nước	Ammônit N°6 ЖВ;	Như trên
Thuốc nổ dẻo no nước dùng cho đá cứng khô ráo hoặc ngâm nước	Akvanit 3Ж, 16 akvanat N°1	Dùng cho lỗ mìn nhỏ, lỗ mìn lớn khi đào hang ngầm

\* Các tên thuốc nổ này là do Liên Xô (cũ) chế tạo. Trong xây dựng ngầm có thể dùng các loại thuốc nổ do các nước khác sản xuất có tính năng tương tự.

Tất cả các loại thuốc nổ thuộc nhóm II đều tạo ra lượng khí CO (khí độc oxyt cacbon) là ít nhất, có nghĩa là chỉ số Oxy của chúng khá tốt (chỉ số hàm lượng oxy trong thuốc nổ có quan hệ đến lượng oxy cần thiết để đốt cháy hết các bộ phận cháy trong thuốc nổ).

Khi cắt hầm qua các vùng địa tầng có tạo khí ngầm nguy hiểm cho công tác nổ mìn như khí metan, hydro và các khí cháy khác thì người ta dùng các loại thuốc nổ nhóm III và IV.

Đặc tính của các loại thuốc nổ phổ biến nhất như trong bảng 3.6.

Các chỉ tiêu ghi trong bảng dựa vào quy phạm sản xuất các loại thuốc nổ được xác định như sau:

- Uy lực nổ là chỉ tiêu xác định tác dụng đập vỡ do nổ (tính bằng mm) của trị số nén ép một hình trụ bằng chì khi nổ một lượng thuốc tiêu chuẩn trị số nén ép một hình trụ bằng chì khi nổ một lượng thuốc tiêu chuẩn ở trong.

- Khả năng sinh công của thuốc nổ là lượng công sinh của các sản phẩm nổ, được đo bằng  $\text{cm}^3$  khoảng trống tạo ra trong một hình trụ bằng chì khi nổ một lượng thuốc tiêu chuẩn.

\* *Tốc độ điểm hoá* là chỉ tiêu lan truyền sóng nổ trong khối thuốc nổ xác định bằng cách so sánh với một loại thuốc chuẩn.

\* *Công nổ mìn* là lượng nhiệt sinh ra (calo) khi nổ 1kg thuốc nổ. Xác định bằng cách dùng bom Calo kế chuyên dụng.

\* *Mật độ của thuốc nổ* được xác định đối với các bánh thuốc nổ bằng cách cân và xác định thể tích bánh thuốc bằng cách ngâm bánh thuốc vào nước để xác định lượng nước tràn ra.

Ngoài các loại thuốc nổ do Liên Xô (cũ) sản xuất như trong bảng trên, trong thực tế xây dựng công trình ngầm ở Việt Nam còn sử dụng một số loại thuốc nổ do công ty hoá chất mỏ sản xuất theo công nghệ của hãng ICI - Úc như: Powergel 2521V (P2521), Powergel 2541V (P2541), Powegel Magnum 3151 (PM3151), Powergel Trimex 3000 (PT3000) và Powergel Pulsar 3131 (PP3131) v.v... các loại thuốc nổ này có tính năng tương tự như các loại thuốc nổ đã nêu trong bảng 3.6.

**Bảng 3.6**

**A. Các loại thuốc nổ do Liên Xô cũ sản xuất**

Tên thuốc	Các đặc tính của thuốc nổ				
	Uy lực nổ (mm)	Khả năng sinh công (cm <sup>3</sup> )	Tốc độ nổ (km/s)	Công nổ (kCal/kg)	Mật độ (g.cm <sup>3</sup> )
Gramônit 79/21	20-25	360-370	3,2-4,0	850	1,1-1,3
Các loại granolit					
AC-8B	22-28	410-430	3,0-3,6	955	1,1-1,25
AC-4B	22-26	390-410	2,6-3,5	870	1,05-1,20
Ammônit cứng N <sup>o</sup> 1 dạng nén	22	450-460	4,8-5,3	1055	1,4-1,58
Ammônit 6ЖВ	14	365	3,6-4,8	850	1,0-1,2
Đêtônit M	18	450	4,2-4,8	1030	1,0-1,2
Akvalit-N <sup>o</sup> 16	20	310	4,8-5,4	1070	1,45-1,50

**B. Một số loại thuốc hiện dùng trong xây dựng ngầm do Việt Nam sản xuất**

Tên thuốc	Các đặc tính của thuốc nổ					
	Uy lực nổ (mm)	Khả năng sinh công (cm <sup>3</sup> )	Tốc độ nổ (km/s)	Công nổ (kCal/kg)	Mật độ (g.cm <sup>3</sup> )	Nơi sản xuất
Amônit AD-1	13-15	350-360	3,6-3,9		0,95-1,1	Z <sub>121</sub> và Z <sub>113</sub> nơi sản xuất Z <sub>131</sub>
TNT-AD	16-17	310-330	5,8		1,1	
Thuốc nổ an toàn AH-1	10	250-260	-		0,95-1,1	Công ty hoá chất mỏ

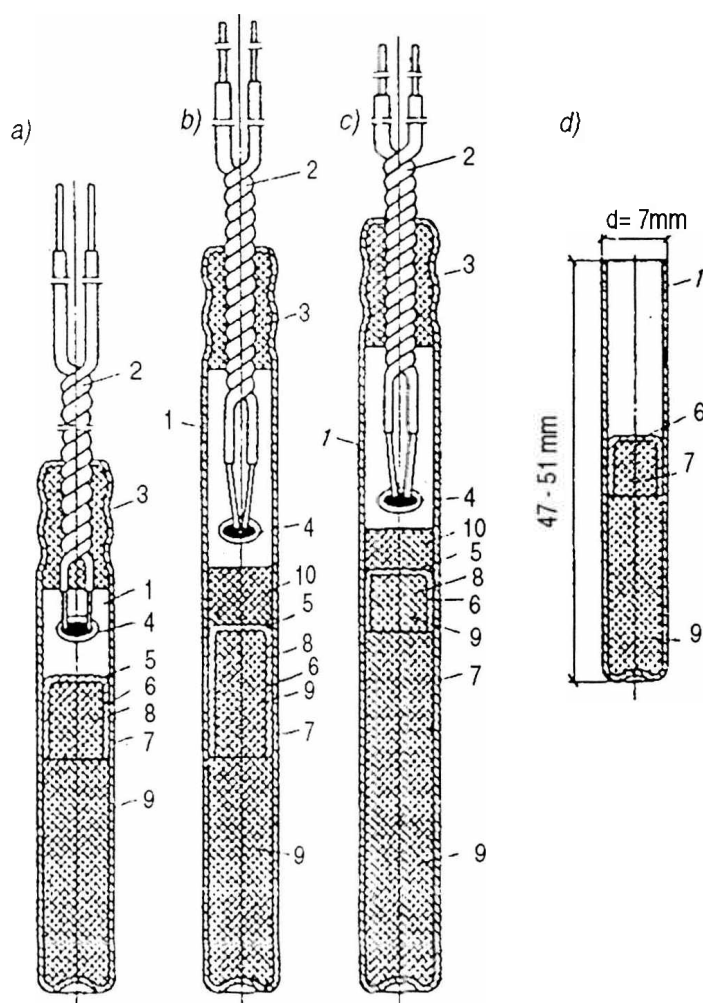
Phương tiện nổ mìn là các thiết bị để gây nổ hoàn toàn khối thuốc nổ mong muốn. Để nổ mìn người ta dùng kíp mìn và các loại dây dẫn lửa (phương tiện đốt mìn).

Ngày nay người ta còn dùng dụng cụ khởi động nổ không dùng điện của ICI với phương tiện nổ của Úc. Kíp mìn có loại kíp điện và kíp đốt bằng dây cháy chậm.

Kíp mìn có cấu tạo như trên hình 3.5.

Kíp mìn thường (hình 3.5d) là phương tiện gây nổ cho một khối thuốc nổ bằng cách dùng dây cháy chậm. Kíp thường gồm một vỏ kim loại trong đó có thuốc gây nổ (thường là gremus thủy ngân) và thuốc nổ mạnh (tetril). Chiều dài của kíp 47-51mm, đường kính 7mm.

Kíp điện có phân gây nổ giống như trong kíp thường. Tuy nhiên khối kích nổ thường là azit chì. Ngoài khối kích nổ còn có phần truyền cháy từ một maixơ nhỏ, gây cháy dùng điện (mắt cháy). Để dẫn điện vào mắt cháy dùng dây dẫn dài từ 2 đến 4m. Điện trở của mắt cháy thường từ 2,8 đến 4Ω.



**Hình 3.5: Kết cấu kíp mìn điện**

- a) Nổ tức thời; b) Nổ vi sai; c) Nổ chậm; d) Ống truyền nổ;  
 1. Vỏ; 2. Dây dẫn; 3. Nút chất dẻo; 4. Hạt cháy;  
 5. Lưới; 6. Lớp bảo vệ; 7. Thủy ngân; 8. Giọt chì;  
 9. Tetril; 10. Thành phần chậm cháy

Trong nổ mìn người ta thường dùng kíp điện thường và kíp điện vi sai. Để điều chỉnh thời gian gây nổ người ta đưa vào giữa mắt cháy và khối kích nổ một thành phần cháy chậm. Nhờ có thành phần cháy chậm đưa vào kíp với liều lượng khác nhau người ta tạo nên các xeri kíp với các độ nổ chậm yêu cầu. Theo thuật ngữ kỹ thuật, kíp mìn sản xuất với thời gian chậm từ 10 đến 500 miligiây thì gọi là kíp vi sai, còn từ 500 miligiây đến 10 giây gọi là kíp nổ chậm. Kết cấu của kíp như mô tả trên hình 2.5a, b, c. Ở Liên Xô cũ sản xuất các kíp vi sai có cấp chậm 15, 25 và 30 miligiây, số lượng cấp chậm trong một xeri thường từ 6 đến 8. Ví dụ: 25, 50, 75, 100, 150, 200, 250 miligiây. Các kíp điện nổ chậm được sản xuất với mức chậm 0,5; 0,75; 1,0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 và 10 giây. Để nổ tức thời người ta dùng kíp điện nổ tức thời.

Dây nổ dùng để gây nổ các khối thuốc và truyền nó đi một khoảng khá xa (tốc độ truyền nổ là 7,2 km/s) trong quá trình thi công công tác nổ mìn. Dây nổ có lõi từ loại thuốc nổ mạnh là TNT được đặt trong ba lớp lưới sợi có thấm chất phòng nước hoặc bọc ngoài bằng chất dẻo. Khi gây nổ bằng dây nổ có thể dùng bất kỳ loại kíp nào. Dây nổ cũng được sản xuất thành nhiều loại: có loại thông thường và loại chịu ẩm. Khi nổ bằng dây nổ ngày nay thường dùng rơle vi sai với mức chậm là 20 miligiây.

Dây cháy chậm được sản xuất thành từng cuộn, lõi là loại thuốc cháy chuyên dụng, tốc độ cháy thường là 60 cm/ph.

Thuốc nổ sản xuất trong nhà máy và được bao gói sẵn. Thuốc nổ rời được đóng bao bằng giấy hoặc bao chất dẻo, trọng lượng mỗi bao 40 - 45kg. Thuốc nổ dạng dẻo hay chảy được đóng trong bao nilông từ 5 đến 40 kg (thường là các loại thuốc akvanit hoặc akvanal). Các loại còn lại thường đóng thành thỏi nhỏ có đường kính 28, 32, 36 và 45mm. Trọng lượng một thỏi từ 150 đến 250 gam tùy thuộc vào loại thuốc và đường kính thỏi thuốc, chiều dài thỏi thuốc là 200 hoặc 250mm. Trong thực tế thi công các công tác nổ mìn ngầm thường dùng các loại lỗ mìn nhỏ hoặc lớn người ta thường dùng kíp điện với các dạng khác nhau, dây nổ và rơle vi sai, ít khi dùng phương thức đốt mìn bằng dây cháy chậm.

Khi nổ trong gương bằng các lỗ mìn nhỏ chủ yếu là nổ vi sai điện, để nổ một khối thuốc nổ riêng rẽ hoặc một nhóm các khối thuốc nổ theo thứ tự với mức vi sai mong muốn. Còn khi nổ bằng các lỗ mìn lớn (bậc dưới của các hầm tiết diện lớn) thì việc nổ mìn điện chỉ dùng khi phải thực hiện một mối quan hệ nổ có kỹ thuật phức tạp.

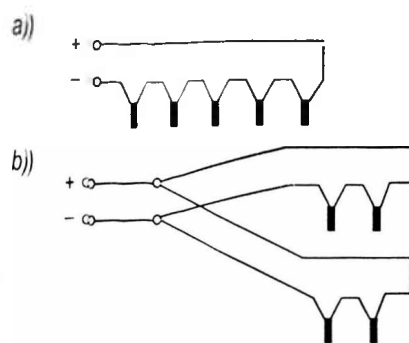
Ưu điểm của nổ mìn điện là có thể nổ một nhóm các khối thuốc nổ có số lượng lớn với những khoảng chậm nhất định: nổ mìn thường không sót, không bị cắt mạng; an toàn vì người nổ thường ở xa và dễ kiểm tra.

Nhược điểm của nổ mìn điện là nối mạng và kiểm tra mạng phức tạp khi số lượng lỗ lớn và nguy hiểm khi có mạng điện thi công kém an toàn.

Khi đào hầm thường dùng sơ đồ đấu mạng nối tiếp. Đôi khi dùng mạng nối tiếp song song. Các sơ đồ đấu mạng mô tả trên hình 3.6.

Nguồn điện để nổ mìn thông thường là dùng loại máy nổ mìn kiểu tích điện (của Liên Xô cũ sản xuất có các máy КИМ-1а và КИМ-3), hoặc dùng lưới điện xoay chiều. Khi nổ mạng nổ phức tạp có số lượng lỗ lớn và các sơ đồ phân nhóm người ta thường dùng trạm mìn.

Việc kiểm tra điện trở của mạng nổ thường bằng các Ôm kế chuyên dụng (cầu đo nổ mìn tuyến tính) đảm bảo đo với dòng đo tối thiểu để đảm bảo an toàn cho công tác kiểm tra.



Hình 3.6: Sơ đồ đấu mạng điện trong nổ mìn

a) Đấu nối tiếp;

b) Đấu song song nối tiếp (hỗn hợp)



Nổ mìn không kíp nhờ dây nổ dùng để nổ tức thời hoặc nổ vi sai khi nổ các lỗ mìn lớn. Đơn giản và an toàn cao khi tiến hành nổ mìn là ưu điểm nổi bật của phương pháp này. Nhược điểm của phương pháp là không kiểm tra được độ chính xác của công tác đấu mạng và giá thành tương đối cao. Khi nổ không kíp và nạp thuốc bằng thuốc rời thì mỗi lỗ mìn ta nạp một hoặc hai bánh thuốc có công suất cao hơn, cũng là để buộc dây nổ tạo nên nút của mạng nổ. Mạng nổ dùng dây nổ thông thường bao giờ cũng có đường dây trực và dây cuối là dây dẫn từ dây trực vào từng lỗ mìn. Việc nối dây cuối vào dây trực phải theo hướng truyền sóng nổ.

### §3. KẾT CẤU NẠP MÌN VÀ VIỆC BỐ TRÍ LỖ MÌN TRÊN GUỒNG ĐÀO

Nạp mìn có hai dạng chính: nạp tập trung chiều dài nhỏ hơn 4-5 lần đường kính và nạp kéo dài khi chiều dài lớn hơn 4-5 lần đường kính. Trong xây dựng ngầm chủ yếu dùng cách nạp kéo dài trong lỗ khoan đường kính nhỏ hoặc lớn.

Kết quả khi nổ một khối thuốc tạo nên phễu nổ mà các thông số cơ bản của nó là đường kháng nhỏ nhất  $W$  (đường kháng nhỏ nhất là khoảng cách ngắn nhất từ tâm nổ đến mặt thoáng) và bán kính phễu nổ  $r$ . Hiệu quả tác dụng nổ mìn được đánh giá bằng tỷ số  $r/W$  gọi là chỉ tiêu tác dụng nổ  $n$ , tức là  $n = r/W$ .

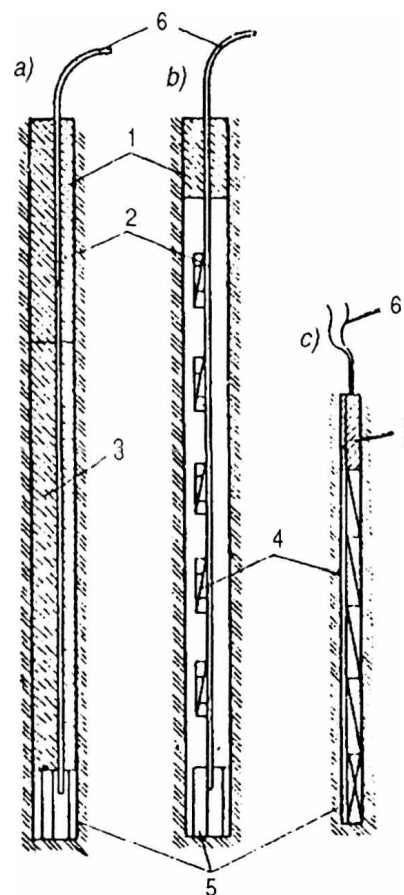
- Khi  $n > 1$  gọi là nổ mìn tăng cường: đá nổ ra có độ văng khá lớn.

- Khi  $n = 1$  gọi là tác dụng nổ mìn tiêu chuẩn, đặc trưng bằng việc đá nổ ra được đập vỡ hết và văng không đáng kể.

- Còn khi  $n < 1$  thì nổ mìn chỉ làm toí đá mà thôi.

Trong thực tế xây dựng ngầm chủ yếu dùng nổ mìn tác dụng tiêu chuẩn. Nạp mìn trong các lỗ ở dạng nạp liên tục (cột) hoặc nạp gián đoạn (hình 3.7).

Nạp liên tục (nạp cột) trên hình 3.7a là một khối thuốc hình trụ từ các thỏi thuốc hoặc thuốc rời nhồi vào lỗ khoan có bố trí bánh thuốc gây nổ (bánh thuốc có gắn kíp).



**Hình 3.7: Kết cấu nạp mìn**

a) Dạng cột cho lỗ mìn đào đường kính lớn;

b) Nạp phân bố cho lỗ mìn đào đường kính lớn;

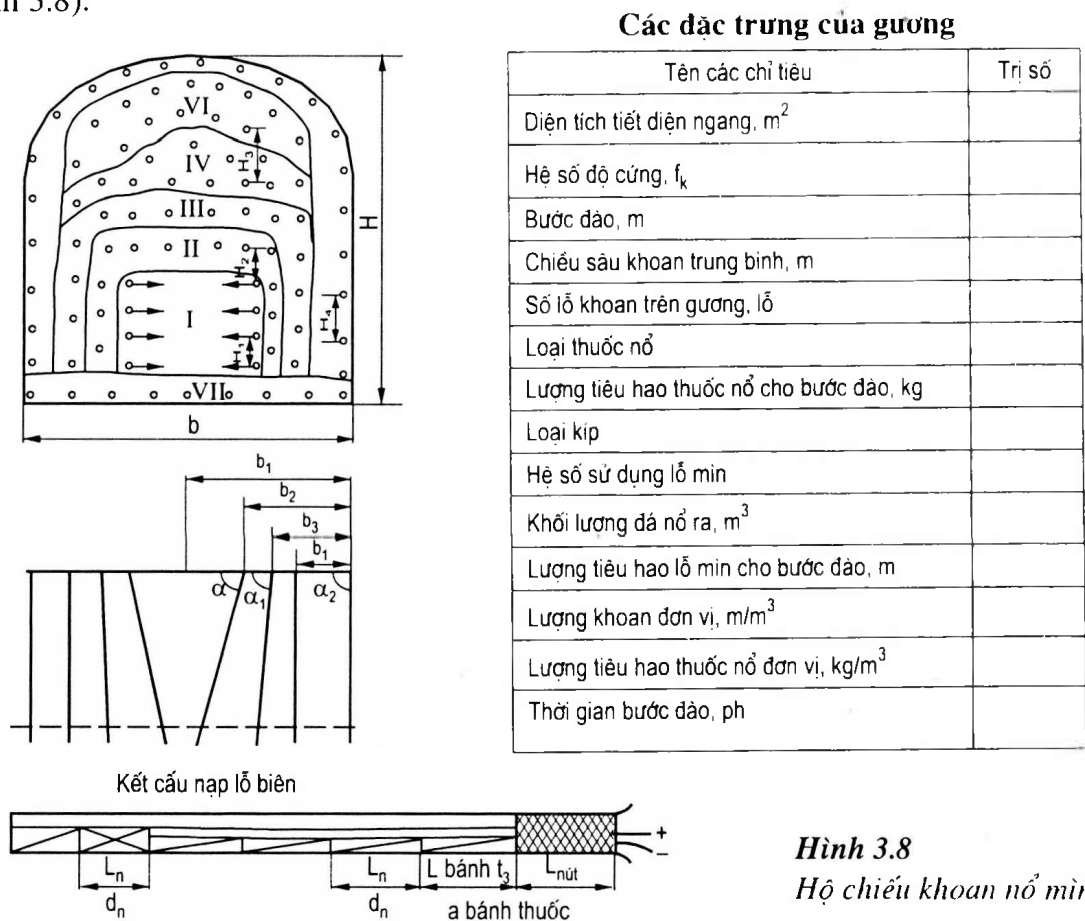
c) Dạng cột cho lỗ mìn đường kính nhỏ;

1. nút; 2. dây nổ; 3. thuốc nổ rời nạp đầy;

4. các bánh thuốc nổ; 5. bánh thuốc gây nổ;

6. dây dẫn (nối vào đường trực dây nổ).

Trong kết cấu nạp thuốc gián đoạn thì các bánh thuốc được đặt cách nhau bằng một đoạn không khí (hình 3.7b) hoặc mẫu gỗ, còn việc truyền nổ từ bánh này sang bánh khác được đảm bảo bằng một sợi dây nổ. Khi sử dụng lỗ mìn đường kính bé để đào hang ngầm thì một lần nổ thường tiến hành với một tổ hợp các khối thuốc nạp trong lỗ. Sơ đồ bố trí các lỗ đối với mặt thoáng và tổ hợp các lỗ mìn thành từng nhóm cần phải sao cho đường biên hang nhận được chính xác theo thiết kế. Khối lượng đá nổ ra tối đa và lượng thuốc nổ dùng là tối thiểu, nổ mìn không sót. Sơ đồ bố trí lỗ mìn trên gương, loại thuốc nổ, kết cấu nạp mìn, phương tiện gây nổ, thứ tự nổ thể hiện trong hộ chiếu khoan nổ mìn (hình 3.8).



**Hình 3.8**  
Hộ chiếu khoan nổ mìn

**Các đặc trưng của lỗ mìn**

N/N	Tên lỗ	Góc nghiêng (độ)	Trọng lượng thuốc cho lỗ (kg)	Chiều dài nút (m)	Thứ tự nổ	Số lỗ trong 1 xêri	Trọng lượng thuốc lỗ trong 1 xêri
1	Lỗ đột phá						
2	Lỗ phụ						
3	Lỗ đào						
4	Lỗ biên						
5	Lỗ đáy						

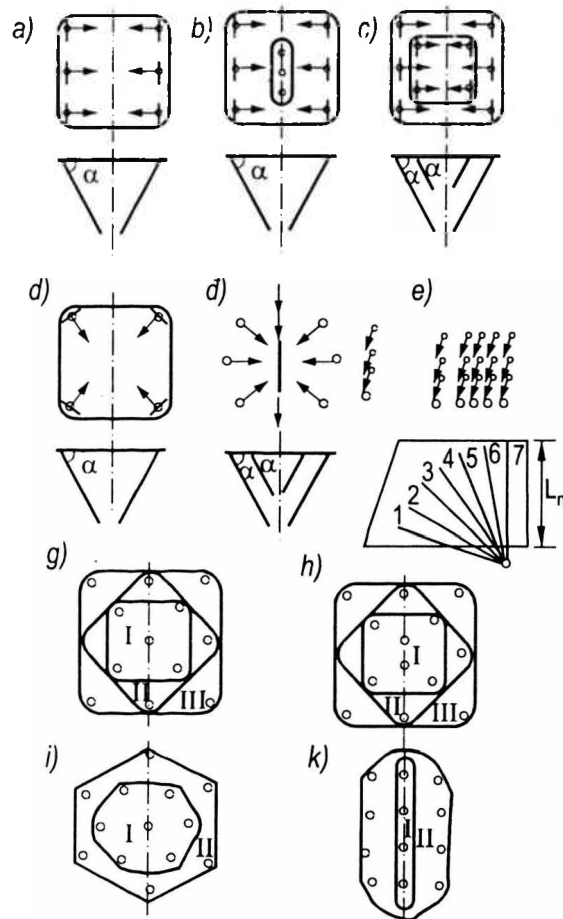
Việc nổ các lỗ mìn đột phá có tác dụng tạo ra mặt thoát thứ hai cho các khối nổ tiếp theo để nâng cao hiệu quả nổ mìn. Sơ đồ bố trí các lỗ đột phá, trị số nạp thuốc và thứ tự nổ được gọi là kết cấu đột phá. Theo nguyên tắc tác dụng lên khối địa tầng trong quá trình tạo nên khoảng trống đột phá người ta phân ra làm đột phá văng và đột phá đập. Với đột phá văng khoảng trống đột phá được tạo nên bằng việc nổ đồng thời một số lượng lỗ mìn nhất định được khoan nghiêng ở trên gương. Trong trường hợp này hợp lực nổ tương hỗ các khối (lỗ) đột phá sẽ làm văng khối địa tầng một khối lượng đá nằm giữa các lỗ đột phá đến một độ sâu nhất định tạo nên chóp đột phá.

Tác dụng của đột phá dạng đập là đập nát và làm văng ra một khối lượng đá do áp lực dư của khí tạo ra khi nổ mìn bị bực trong khoảng không đột phá tạo nên do nổ một nhóm lỗ mìn song song, khoan vuông góc với mặt gương. Dạng mẫu của loại này là đột phá 4 pha, 6 pha hoặc đột phá kiểu tạo rạch. Các dạng đột phá phổ biến nhất khi thi công ngầm như trên hình 3.9. Người ta dùng đột phá văng khá phổ biến để thi công hầm có tiết diện từ 20 đến 100m<sup>2</sup>.

Để tạo mặt thoát thứ hai bằng cách sử dụng các lỗ đột phá thường dùng các loại thuốc nổ có uy lực nổ mạnh như ammônít cứng N°1 hoặc đetonít M. Thứ tự nổ các lỗ đột phá được xác định bằng kết cấu của đột phá còn toàn bộ các lỗ đột phá thì bao giờ cũng nổ đầu tiên trong hệ chiếu nổ mìn chung.

Việc nạp nhóm các lỗ phụ để mở rộng dần chóp đột phá ra toàn tiết diện sao cho đảm bảo đập đá nhỏ khi nổ các lỗ mìn đào. Vì thế thường nạp mìn tăng hơn một chút so với các lỗ mìn đào khác. Đối với các lỗ mìn phụ thường nạp loại thuốc Ammônít N°6. Tương lai việc sử dụng loại thuốc akvanit N°16 cũng rất hiệu quả.

Việc nạp các lỗ mìn biên cần phải đảm bảo tạo nên hình dạng biên hang như thiết kế và hạn chế tác dụng chấn động lên khối đá xung quanh hang, tránh làm mất ổn định của



**Hình 3.9: Kết cấu đột phá khi đào hầm**

- a) Đột phá nêm; b) Nêm có tạo rạch; c) Nêm kép;  
d) Đột phá chóp; đ) Đột phá phễu;  
e) Đột phá quạt; g) Đột phá thẳng 4 lỗ có lỗ trống;  
h) Đột phá thẳng 4 lỗ có 2 lỗ trống;  
i) Đột phá thẳng 6 lỗ; k) Đột phá tạo rạch;  
I, II, III, 1, 2, 3... 8- thứ tự nổ;  
L<sub>n</sub> - chiều dài lỗ; α - góc nghiêng.

khối đá này. Để đảm bảo được các yêu cầu trên việc khoan và nổ các lỗ biên được tiến hành theo một công nghệ riêng gọi là nổ mìn tạo biên.

Trong thực tế xây dựng công trình ngầm người ta sử dụng chủ yếu và có hiệu quả các công nghệ nổ mìn tạo biên sau: phương pháp nạp mìn gần và phương pháp tạo khe trước. Những phương pháp này khác nhau chủ yếu ở thứ tự nổ các lỗ mìn biên trong hộ chiếu khoan nổ và do đó mà cơ chế tác động của năng lượng nổ lên khối đá bao quanh cũng khác nhau. Với phương pháp nạp mìn gần thì các lỗ mìn biên nổ cuối cùng và nổ đồng thời một lúc trong hộ chiếu, có nghĩa là các lỗ biên nổ khi đã có mặt thoảng thứ hai do đó năng lượng nổ tiêu hao vào việc tạo khe nứt giữa các lỗ biên và phá vỡ về phía hàng lỗ ngay sát lỗ biên. Để nạp mìn cho các lỗ biên người ta dùng thuốc mạnh hơn một chút và kết cấu nạp phân đoạn. Độ chính xác khi vỡ theo đường biên khoan đạt độ chính xác 8 - 10cm, tức là thấp hơn hai lần tiêu chuẩn cho phép là 15-20cm đối với đa số các loại đá cứng. Độ sai lệch này chủ yếu là do đặc trưng và hướng của các khe nứt tự nhiên. Các nghiên cứu của Viện Orgonergostroi của Liên Xô (cũ) chỉ ra rằng trong các loại đá ít nứt nẻ độ chính xác tạo biên có thể đạt tới 5 - 7cm. Điều này khá phù hợp với các số liệu thực tế của nhiều nước khác như Na Uy, Thụy Điển.

Phương pháp tạo khe trước dựa trên sự tác động tương hỗ của các khối nổ không lớn về mặt khối lượng trong các lỗ biên ở trong môi trường chịu nén ép với mục đích nhận được khe nứt dọc theo các lỗ mìn biên. Với phương pháp này các lỗ mìn biên được nổ đồng thời với các lỗ đột phá có nghĩa là nổ đầu tiên theo hộ chiếu. Các điều kiện làm việc của các lỗ mìn biên có khối lượng không lớn trong môi trường chịu nén ép đòi hỏi các lỗ biên khoan khá gần nhau (40 - 50cm) để nâng cao độ chính xác của đường biên tạo nên. Việc tạo khe nứt trước theo đường biên sẽ có tác dụng bảo vệ cho khối đá quanh hang khỏi tác động của sóng nổ khi nổ tổ hợp các lỗ còn lại trong hộ chiếu. Nhược điểm của phương pháp này là lượng khoan tăng (12 - 15%). Do đó phải có luận cứ đầy đủ khi chọn phương pháp này.

#### **§4. TÍNH TOÁN CÁC THÔNG SỐ KHOAN NỔ KHI ĐÀO HẦM**

Việc tính toán các thông số của công tác khoan nổ trong đào hầm tức là xác định các trị số cơ bản sau: chiều sâu khoan phụ thuộc cấu trúc của đột phá và kích thước hang; số lượng lỗ mìn trên gương; lượng thuốc nạp cho mỗi lỗ của từng nhóm lỗ mìn theo hộ chiếu; chọn phương pháp nổ mìn tạo biên và các thông số của nó. Các số liệu tính toán đưa vào hộ chiếu, nổ thử ở hiện trường không ít hơn ba lần và sau khi được chánh kỹ sư duyệt mới được đưa vào thi công.

##### **A. KHOAN NGANG**

###### **a) Xác định chiều sâu khoan**

Thực tế thi công ngầm trong những hang có diện tích từ 12 đến 100m<sup>2</sup> chỉ ra rằng chiều sâu khoan liên quan với kích thước tiết diện hang đào và loại đột phá chọn. Nếu

như chọn đột phá văng, chiều sâu khoan chủ yếu liên quan với khả năng của thiết bị khoan thì đối với đột phá đập khi chiều sâu khoan lớn hơn 4m sẽ gây ra giảm hệ số sử dụng lỗ mìn đột phá và có nghĩa là giảm hệ số sử dụng lỗ trên toàn gương. Dựa trên các số liệu nghiên cứu của các Viện "Orgonergostroi" và "Gidrospesproek" của Liên Xô (cũ) cũng như các số liệu thực tế có xét đến tính năng của các loại máy khoan hiện tại thì chiều sâu khoan cho hầm tiết diện bé là 2 - 2,5m. Đối với hầm tiết diện trung bình và lớn là 3 - 4m.

#### **b) Chọn các thông số đột phá**

Thực tế xây dựng các công trình ngầm trong xây dựng thuỷ điện cho phép kiến nghị những điều kiện sau đây để áp dụng các loại đột phá đã nêu ở mục trên.

Các đột phá văng được áp dụng trong các hầm tiết diện nhỏ với địa tầng nứt nẻ mạnh và chiều sâu khoan hạn chế ( $\leq 2,5\text{m}$ ); trong các hang tiết diện trung bình với chiều sâu khoan không nhỏ hơn 3,5m, trong những điều kiện nứt nẻ và phân lớp rõ ràng; trong những hang tiết diện lớn với điều kiện địa chất công trình bất kỳ với chiều sâu khoan 4 - 5m.

Các đột phá dạng rẽ quạt được áp dụng cho hầm tiết diện lớn khi có các thiết bị định vị máy khoan cho phép xác định góc xoay của dầm khoan với chiều sâu lỗ lớn hơn 4m.

Các loại đột phá đập được sử dụng trong các hang tiết diện bé, địa tầng toàn khối hoặc nứt nẻ nhẹ với chiều sâu khoan  $\leq 3,5$ . Trong những hang tiết diện trung bình và lớn, địa tầng toàn khối hoặc nứt nẻ nhẹ với chiều sâu  $\leq 4\text{m}$  khi có máy khoan tự hành.

Lượng nạp thuốc cho các lỗ đột phá:

$$Q_{dp} = k \cdot l_{dp} \cdot p \left( \frac{d_n}{32} \right)^2, \text{ kg} \quad (3.1)$$

trong đó:  $l_{dp}$  - chiều dài lỗ đột phá, m;

$p$  - trọng lượng thuốc nạp cho 1m lỗ khi đường kính bánh thuốc là 32mm;

$d_n$  - đường kính bánh thuốc, mm;

$k$  - hệ số thực nghiệm phụ thuộc vào loại thuốc nổ.

$k = 0,85$  khi sử dụng Ammônít cứng N°1;

$k = 0,65$  khi sử dụng các loại thuốc còn lại.

Lượng thuốc có thể chứa vào 1m dài lỗ gọi là mật độ nạp thuốc:

$$p = 0,8\Delta, \quad \text{kg/m} \quad (3.2)$$

trong đó:  $\Delta$  - mật độ thuốc ở dạng bánh,  $\text{kg/dm}^3$ .

Các thông số cơ bản của các loại đột phá thường gặp (hình 3.9) ghi trong bảng 3.7 và 3.8.

**Bảng 3.7**

Hệ số độ cứng của đá $f_k$	Khoảng cách giữa trục các lỗ mìn trống và lỗ mìn có nạp thuốc của đột phá dạng đập (m) khi lỗ mìn trống có đường kính (mm)			
	42	55	75	100
4-5	0,30	0,35	0,40	-
6-8	0,25	0,30	0,35	-
9-10	0,20	0,25	0,30	0,35

**Bảng 3.8**

Kết cấu đột phá và điều kiện áp dụng của nó	Khoảng cách giữa các lỗ trong hàng (m)	Khoảng cách giữa đáy của các cặp lỗ (m)
Nêm đứng $f_k = 5 \div 7$ (hình 3.9a)	0,7-0,8	0,1-0,2
Nêm đứng có tạo khe $f_k = 8 \div 10$ (hình 3.9b)	0,75 - 0,8	0,2 - 0,3
Nêm kép, $f_k = 11 \div 12$		
nêm chính	0,85 - 0,90	0,2 - 0,3
nêm phụ (hình 2.9)	0,80 - 0,85	0,1 - 0,2

**c) Xác định số lỗ mìn trên gương**

Đối với các hang có diện tích tiết diện ngang  $\leq 40\text{m}^2$ , số lượng lỗ trên gương được xác định theo công thức:

$$N = K_0 \cdot S \frac{\sqrt{f_k} - a\sqrt{S}}{e \cdot d} \quad (3.3)$$

trong đó: N - số lượng lỗ mìn;

S - diện tích tiết diện ngang của hang,  $\text{m}^2$ ;

$f_k$  - hệ số độ cứng theo Prototiakonov;

d - đường kính thuốc nổ nạp trong lỗ, mm;

a - hệ số nén ép, phụ thuộc vào tiết diện ngang của hang  $a = 0,3$  đối với hang  $\leq 12\text{m}^2$ ,  $a = 0,25$  với hang 13 -  $40\text{m}^2$ ;

e - hệ số xét đến loại thuốc nổ.

$e = 1,2$  đối với thuốc ammônít cứng N<sup>o</sup>1;

$e = 1,15$  đối với đetonit M;  $e = 1,0$  đối với ammônít N<sup>o</sup>6;

$K_0$  - hệ số xét đến loại đột phá và sự tăng số lỗ khi có nổ mìn tạo biên theo phương pháp nạp mìn gần, giá trị của nó lấy theo bảng 3.9.

**Bảng 3.9**

Tiết diện hang (m <sup>2</sup> )	Giá trị của hệ số K <sub>o</sub>	
	Đột phá văng	Đột phá đập
≤ 12	60	70
13 - 30	55	62
31 - 40	50	56
(với f <sub>k</sub> < 9)*		

\* Khi f<sub>k</sub> < 9, tiết diện S = 30 ÷ 40m<sup>2</sup> sử dụng công thức (3.4)

Đối với những hang tiết diện lớn hơn 40m<sup>2</sup> số lượng lỗ trên gương được xác định theo phương pháp do giáo sư Moxcov V. M đưa ra phụ thuộc vào giá trị thiết kế của đường kháng nhỏ nhất (W) được xác định từ phương trình:

$$W^3 + a_1 W^2 + a_2 W = a_3 \quad (3.4)$$

$$\text{ở đây: } a_1 = \frac{0,07}{q_o} + 0,835h_o; \quad a_2 = b_o + 0,0583 \frac{h_o}{q_o}; \quad a_3 = b_o h_o; \quad b_o = \frac{e_o \Delta}{0,6q_o m};$$

trong đó: h<sub>o</sub> - chiều sâu trung bình của lỗ mìn, m;

e<sub>o</sub> - hệ số khả năng sinh công tương đối của thuốc nổ;

Δ - giá trị tính toán của mật độ thuốc nổ trong bánh, g/cm<sup>3</sup>;

q<sub>o</sub> - chỉ tiêu nổ mìn của đá;

m - khoảng cách tương đối giữa các lỗ, (a/w).

Giá trị của các hệ số lấy theo bảng 3.9 và bảng 3.10.

**Bảng 3.10**

Loại thuốc nổ	l <sub>o</sub>	Δ
Ammônít cứng N°1	1,0	1,45
Đetonít M	0,9	1,10
Ammônít N°6 ЖВ	0,8	1,0

**Bảng 3.11**

Hệ số độ cứng f <sub>k</sub>	q <sub>o</sub>	m
6-7	0,15-0,2	1,3
8-10	0,25-0,30	1,1
11-15	0,35-0,40	0,9
16-20	0,40-0,50	0,7

Nếu xét đến độ sai lệch không tránh khỏi khi khoan lỗ so với hướng đã định và sự khuếch tán của năng lượng nổ khi tăng giá trị của đường kháng nhỏ nhất W, trị số của nó có thể xác định sơ bộ trước giá trị tính toán:

$$W_p = (W - c_h) K_2 \quad (m) \quad (3.5)$$

ở đây: c - chỉ số độ chính xác của việc khoan, bằng 0,02 khi chiều sâu lỗ ≤ 3 mét, bằng 0,05 khi khoan sâu hơn 3 mét;

K<sub>2</sub> - hệ số xét đến sự khuếch tán năng lượng nổ đối với những giá trị lớn của đường kháng nhỏ nhất. Với W từ 1,1 đến 1,4, K<sub>2</sub> bằng 1,0 đến 0,8.

Trị số của đường kháng nhỏ nhất của lỗ mìn đào tùy thuộc vào các tính chất cơ lý của khối địa tầng và tiết diện ngang của hang, ngoài việc xác định bằng giải phương trình (2.4) còn có tham khảo các trị số cho trong bảng 3.12.

**Bảng 3.12. Trị số đường kháng nhỏ nhất W**

Tiết diện hang (m <sup>2</sup> )	Trị số đường kháng nhỏ nhất W(m)		
	Hệ số độ cứng $f_{kp}$ theo Protodiakonov		
	5-6	7 ÷ 10	10 ÷ 12
Tiết diện nhỏ (< 15m <sup>2</sup> )	0,70	0,60	0,50
Tiết diện trung bình (< 50m <sup>2</sup> )	1,10	1,00	0,90
Tiết diện lớn (< 100m <sup>2</sup> )	1,20	1,10	1,00

Các thông số nổ mìn tạo biên với phương pháp nạp mìn gần có thể lấy theo bảng 3.13, còn phương pháp tạo khe trước thì lấy theo bảng 3.14.

**Bảng 3.13**

Hệ số độ cứng $f_k$	Khoảng cách giữa các lỗ biên (cm) với diện tích hang (m <sup>2</sup> )				Mật độ nạp thuốc (kg/m)	Chỉ số nạp gần $m = \frac{a_k}{W_k}$
	20	30	40	50		
4-6	60	70	80	95	0,20	1,20
7-8	60	70	75	85	0,35	1,10
9-10	50	60	70	75	0,50	1,00
11-12	40	45	50	65	0,60	0,80

**Bảng 3.14**

Hệ số độ cứng $f_k$	Khoảng cách giữa các lỗ biên (cm)	Mật độ nạp thuốc (kg/m)	Chỉ số nạp gần $m = \frac{a_k}{W_k}$
4-6	60	0,2	0,90
7-8	50	0,35	0,90
9-10	40	0,50	1,0
10-12	30	0,60	1,1

Số lượng lỗ chung ở trên gương đào không kể các lỗ đột phá:

$$N = \frac{S}{W_p^2} + \frac{P}{a_k} + 1 \quad (3.6)$$

trong đó: P - chu vi hang, m;

$a_k$  - khoảng cách giữa các lỗ biên, m;

S - diện tích tiết diện ngang của hang không kể diện tích của đột phá, m<sup>2</sup>.



Số lượng lỗ đột phá và diện tích của đột phá được chọn theo hình 3.9 và các số liệu trong bảng 3.7.

Việc bố trí các lỗ mìn trên gương khi thiết kế hộ chiếu khoan nổ được thực hiện có tính đến các số liệu trong bảng 3.15.

**Bảng 3.15**

Hệ số độ cứng của đá $f_k$	Khoảng cách giữa các lỗ đột phá và một hàng các lỗ phụ tính theo W	Khoảng cách giữa các lỗ đào tính theo W
4-6	0,80	1,0
7-8	0,80	0,90
9-12	0,75	0,85

Lượng thuốc nổ nạp cho lỗ mìn đào được xác định theo công thức (3.1) nhưng hệ số k lấy giá trị từ 0,5 đến 0,7, trị số nhỏ là ứng với đá có độ cứng trung bình và tăng theo độ tăng của hệ số độ cứng  $f_{kp}$ .

Lượng chi phí khoan đơn vị:

$$q_k = \frac{N \cdot l_{tb}}{V} \text{ (m / m}^3\text{)} \quad (3.7)$$

ở đây: V - khối lượng đá nổ ra sau một lần nổ mìn, (m<sup>3</sup>);

$l_{tb}$  - chiều sâu khoan trung bình (m).

Lượng chi phí khoan đơn vị phụ thuộc vào độ cứng của đá, nằm trong khoảng (1,7 ÷ 2,3) m/m<sup>3</sup> đối với hang tiết diện nhỏ; (1,4 ÷ 1,8)m/m<sup>3</sup> đối với hang tiết diện trung bình; (1,2 ÷ 1,5) m/m<sup>3</sup> đối với hang tiết diện lớn (trị số lớn là tương ứng với đá có  $f_{kp} = 10 \div 12$ ).

Lượng tiêu hao thuốc nổ đơn vị:

$$q_{dv} = \frac{Q_l \cdot N}{V}, \text{ (kg / m}^3\text{)} \quad (3.8)$$

ở đây:  $Q_l$  - lượng thuốc nạp cho một lỗ (trung bình), kg;

Lượng tiêu hao thuốc nổ đơn vị được xác định phụ thuộc vào độ cứng của đá: đối với hang tiết diện nhỏ  $q_{dv} = (1,6 \div 1,9) \text{ kg/m}^3$ ; đối với hang tiết diện trung bình  $q_{dv} = (1,2 \div 1,6) \text{ kg/m}^3$ ; đối với hang tiết diện lớn  $q_{dv} = (0,9 \div 1,2) \text{ kg/m}^3$ .

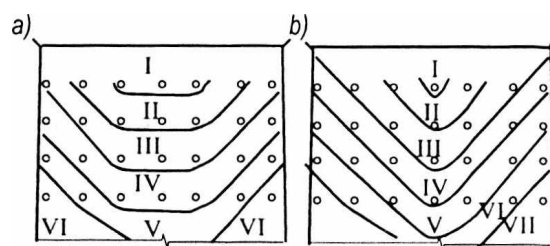
## B. KHOAN XIÊN

Công nghệ nổ mìn các lỗ đường kính lớn thường áp dụng trong điều kiện ngầm khi chiều cao bậc lớn hơn 3,5m. Tuy nhiên người ta chỉ áp dụng các lỗ khoan xiên để nâng cao chất lượng đường biên của đáy và chất lượng đá nổ ra. Đường kính lỗ khoan được chọn phụ thuộc vào chiều cao bậc và trị số sai lệch cho phép khi khoan. Thực tế xác

định rằng trị số sai lệch không vượt quá hai lần đường kính khi khoan bậc dưới của hầm. Nếu xét đến yêu cầu này khi chiều cao bậc  $\leq 8,0\text{m}$  thì có thể dùng đường kính 65 - 75mm. Còn khi bậc cao 9 - 10m thì đường kính 80 - 105mm. Đoạn bậc được phân ra để tiến hành thi công công tác khoan nổ gọi là bãi khoan (hay một bước đào). Chiều dài một bãi khoan thường 8 - 16m, bề rộng bãi khoan chính là nhịp của hang. Khi thi công đoạn bạt dốc trước cửa hầm thì bãi khoan được hiểu là một phần của khối đá sau một lần nổ mìn.

Hệ chiếu khoan nổ trong đó chỉ rõ loại đột phá, các thông số bố trí lỗ khoan, trị số đường kháng nhỏ nhất, kết cấu và lượng nạp thuốc, thứ tự nổ và công nghệ nổ mìn tạo biên là đặc trưng cơ bản của bãi khoan.

Do có mặt thoáng thứ hai mà khi đào bậc dưới chủ yếu dùng loại đột phá văng loại nêm hay hình thang (hình 3.10) khi bãi khoan không lớn (6 - 7m) trong đá có độ cứng trung bình và có sự giảm nhân tạo của đường kháng nhỏ nhất (25%) thì có thể nổ mìn không cần đột phá. Trong xây dựng ngầm, để đập nhỏ khối đá chủ yếu dùng nổ mìn tiêu chuẩn ( $n = 1$ ). Vì thế việc tính toán các thông số nổ mìn chủ yếu dựa vào  $W$  và thứ tự của chúng như sau:



**Hình 3.10:** Kết cấu đột phá khi hạ bậc dưới

a) Hình thang;

b) Hình nêm; I, II, ...VII - thứ tự nổ

#### a) Xác định chiều dài lỗ khoan

$$L_1 = \frac{H_y}{\sin \alpha} + l_v, \text{ m} \quad (3-6)$$

trong đó:

$\alpha$  - góc nghiêng của lỗ khoan, độ;

$L_1$  - chiều sâu lỗ khoan, m;

$H_y$  - chiều cao bậc, m;

$l_v$  - trị số khoan vượt dưới bậc đá (thường 8 - 10 lần đường kính lỗ khoan).

#### b) Xác định giá trị $W$ (đường kháng nhỏ nhất)

$$W = \frac{53k_1 \sqrt{\Delta e}}{\sin \alpha} \quad (3.7)$$

trong đó:

$k_1$  - hệ số nứt nẻ,  $k_1 = 0,9 - 1,20$  (giá trị nhỏ tương ứng với đá nứt nẻ nhẹ còn giá trị lớn là đối với đá nứt nẻ);

d - đường kính nạp mìn, m;

$\Delta$  - mật độ nạp thuốc của lỗ, g/cm<sup>3</sup>;

$\rho$  - mật độ của đất đá, g/cm<sup>3</sup>;

e - hệ số chuyển đổi công suất thuốc nổ xác định như sau:

Tên thuốc nổ	Giá trị của e
Ammônít N°6 ЖВ	1,0
Grammônít 79/21B	1,0
Granulit AC-4B	1,02
Granulit AC-8B	1,12
Ammônít cứng N°1	1,24

### c) Xác định khoảng cách giữa các lỗ khoan trong hàng

$$a = m \cdot W, \quad m \quad (3.8)$$

trong đó: m - trị số khoảng cách tương đối giữa các lỗ khoan được lấy với điều kiện đập nhỏ tăng cường,  $m = 0,9 \div 0,95$ .

### d) Xác định lượng thuốc nạp

$$Q_l = (L_l - l_n) \cdot \rho, \quad \text{kg} \quad (3.9)$$

trong đó:

$l_n$  - chiều dài nút mìn bằng (0,3 giá trị của đường kháng nhỏ nhất W), m;

$\rho$  - độ chứa thuốc của lỗ khoan, kg/m.

Nổ mìn thường thực hiện bằng cách dùng dây nổ và role vi sai. Do bề rộng hàng thường hạn chế và có vỏ hầm bằng bê tông do đó yêu cầu bắt buộc là khi nổ mìn phải tính đến việc hạn chế tác dụng chấn động. Điều đó thường đạt được bằng cách dùng role vi sai nhiều cấp và hạn chế số hàng nổ mìn (thường cố gắng không lớn hơn 5-6 hàng) tương ứng với bước đào 16m.

Cùng với việc hạ bậc dưới bằng lỗ mìn đường kính lớn người ta sử dụng phương pháp nổ mìn tạo biên bằng công nghệ tạo khe trước. Việc khoan các lỗ biên phải có thiết bị chuyên dụng (có khung khoan hoặc giá trượt trên ray) cùng với thiết bị định vị để đảm bảo khoan chính xác các lỗ này (đảm bảo các lỗ khoan song song với nhau). Để tạo kết cấu nạp phân bố người ta thường buộc các thỏi thuốc Ammônít N°6 vào dây nổ với khoảng cách đều do thiết kế xác định và được chính xác bằng nổ thí nghiệm với mật độ nạp thuốc đơn vị là 0,4 đến 0,6 kg/m trong đá cứng toàn khối, 0,2 - 0,35 kg/m trong đá cứng trung bình, còn trong đá yếu là 0,2 kg/m. Khoảng cách giữa các lỗ biên được xác định theo công thức:

$$Q_b = 22 \cdot d \cdot k_z \cdot k_y \quad (3.10)$$

trong đó:

d - đường kính nạp mìn, m;

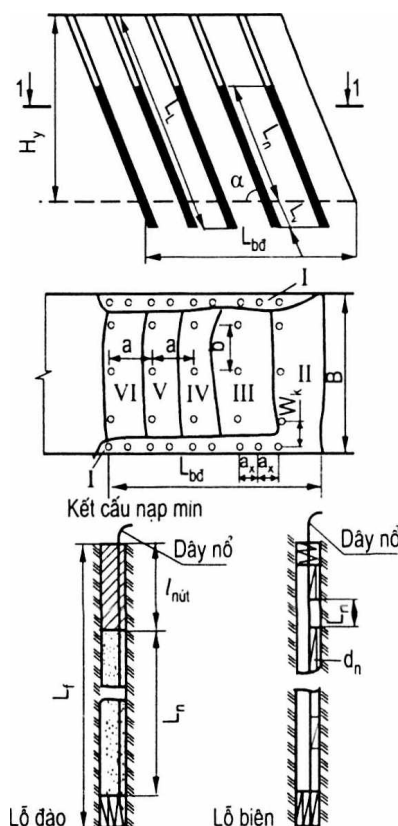
$k_z$  - hệ số nén ép,  $k_z = 0,8 \div 0,85$ ;

$k_y$  - hệ số phụ thuộc vào hướng của khe nứt: trong đá toàn khối  $k_y = 1$ ; khi góc của hệ khe nứt làm với mặt vỡ một góc  $75 - 90^\circ$ ,  $k_y = 0,9$ , còn khi góc này bằng  $20 - 70^\circ$  thì  $k_y = 1,15$ .

Hệ chiếu khoan nổ bậc dưới như mô tả trên hình 2.11.

### Đặc trưng của gương

Các đặc trưng	Trị số
Diện tích bậc, $m^2$	
Chiều dài bãi khoan, m	
Khối lượng đá nổ ra, $m^3$	
Hệ số độ cứng, $f_k$	
Chiều cao bậc, m	
Chiều dài và đường kính lỗ, m/mm	
Góc nghiêng khoan, độ	
Trị số khoan vượt, m	
Số lượng lỗ khoan cho một bãi, lỗ	
Trị số nạp thuốc nổ cho một lỗ, kg	
Tổng lượng thuốc cho một bãi, kg	
Loại thuốc nổ	
Phương pháp đốt mìn	
Hệ số sử dụng lỗ	
Lượng tiêu hao thuốc nổ đơn vị, $kg/m^3$	
Trị số khoan đơn vị, $m/m^3$	
Thời gian thông gió (30 ph)	



**Hình 3.11:** Hệ chiếu khoan nổ mìn khi hạ bậc dưới

*I, II, III, IV - thứ tự nổ mìn;  $L_l$  - chiều dài lỗ khoan;  $L_{bd}$  - chiều dài bước đào;  $L_v$  - chiều sâu khoan vượt;  $L_n$  - chiều dài nạp thuốc;  $a$  - khoảng cách giữa các hàng khoan;  $b$  - khoảng cách giữa các lỗ trong hàng;  $W_k$  - chiều dài đường kháng nhỏ nhất.*

Việc kiểm tra chất lượng công tác khoan do đội trắc địa đảm nhiệm tiến hành với các thiết bị và công cụ đo đạc thông thường và chuyên dụng của ngành mỏ, nhất là công tác đo vẽ gương và trắc dọc hầm.

## §5. TÁC DỤNG CHẤN ĐỘNG CỦA NỔ MÌN TRONG HANG NGẦM

Các hang ngầm đang đào và các hang ngầm đã đưa vào khai thác thường phải chịu tác dụng chấn động trực tiếp khi thi công nổ mìn ở các hang gần chúng. Nguồn chấn động có thể ở trên mặt đất (khoan nổ lộ thiên) hoặc ở hang bên cạnh.

Quá trình chấn động lan truyền của sóng nổ. Cường độ của tác dụng chấn động được xác định bởi cường độ của dòng năng lượng hoặc các chỉ tiêu của chúng là tốc độ dịch chuyển của một điểm trên mặt sóng. Tốc độ dịch chuyển của đất đá nằm trong những điều kiện cụ thể xác định theo các công thức thực nghiệm phụ thuộc vào phương pháp nổ mìn, khối lượng và hình dạng hình học của khối thuốc nổ và khoảng cách đến tâm nổ:

$$V = 3 \left( \frac{\sqrt[3]{Q}}{r} \right)^{1,5}, \text{ m/s} \quad (3.11)$$

trong đó: Q - khối lượng thuốc nạp tập trung hoặc tương đương với lượng nạp phân đoạn được nổ đồng thời, kg;

r - khoảng cách từ điểm đo đến tâm nổ, m.

Tác động đàn hồi thường dẫn đến sự thay đổi trạng thái ứng suất và biến dạng của môi trường có hang đào qua trước khi nổ mìn. Với sự tổ hợp bất lợi của các tải trọng tĩnh và động có thể làm mất độ bền của vật liệu dẫn đến mất ổn định hoặc phá hoại hang ngầm.

Giá trị tiêu chuẩn của tốc độ dịch chuyển này phụ thuộc vào trạng thái ứng suất và cấu trúc của đất đá. Đối với khối đá cứng là 0,1 - 0,2m/s, đối với vỏ bê tông là 0,2 - 0,5m/s.

Tương ứng với điều kiện này thì tốc độ dịch chuyển xảy ra xác định theo công thức trên cũng phải nhỏ hơn giá trị tiêu chuẩn có nghĩa là  $V \leq V_{tc}$ .

Bán kính vùng nguy hiểm do tác dụng chấn động khi nổ mìn ở gần được xác định theo công thức:

$$r_{tc} = (2 \div 5) \sqrt[3]{Q}, \text{ m} \quad (3.12)$$

trong đó: Q - khối lượng thuốc nổ mìn, kg.

Các tính toán sơ bộ như trên, rõ ràng là chưa xét được những điều kiện đặc biệt của việc hình thành trường ứng suất động đối với những điều kiện đặc biệt của khối địa tầng, ảnh hưởng của bề mặt ngoài và cũng không phải ánh được sự tham gia có thể của các ứng suất phụ do kiến tạo, nhiệt độ ở trong các hang chịu sóng chấn động.

## Chương 4

# CÔNG TÁC BỐC ĐÁ VÀ VẬN CHUYỂN TRONG THI CÔNG HẦM

### §1. CÔNG TÁC BỐC ĐÁ

Bốc thải đá là một công đoạn trong chu trình thi công đào hầm và nó ảnh hưởng đáng kể đến tiến độ đào hang. Trong thực tế thi công ngầm người ta thường dùng hai loại phương tiện bốc xúc là: máy xúc hoạt động theo chu kỳ (như máy xúc gầu) và máy xúc hoạt động liên tục. Tùy theo sơ đồ vận chuyển mà máy xúc được sản xuất có dạng bánh lốp, chạy trên ray hay chạy trên xích.

Khi dùng vận chuyển có ray ở trong các hầm tiết diện nhỏ, đôi khi tiết diện trung bình thì máy xúc chủ yếu là các loại gầu đổ trực tiếp hoặc đổ theo từng cấp vào goòng (hình 4.1a, b).

Nguyên tắc hoạt động của máy xúc đổ trực tiếp là gom đá vào gầu bằng chính động cơ di chuyển tác động qua bộ truyền động là các trục khuỷu rồi nâng gầu qua phần trên của thân máy và đổ vào goòng kéo theo sau máy xúc.

Ở những máy đổ theo từng cấp vào goòng thì thông qua bộ truyền động đá từ gầu được lật đổ vào một thiết bị chuyển tải gắn liền trên hoặc sau máy rồi vào goòng.

Trong những hầm tiết diện  $\leq 20\text{m}^2$  người ta dùng chủ yếu là máy xúc đổ trực tiếp, còn khi tiết diện từ 21 đến  $45\text{m}^2$  dùng chủ yếu là các loại máy đổ theo từng cấp. Các máy loại này thường chạy bánh sắt trên ray với khổ đường 750 và 900mm có trang bị động cơ khí nén hoặc động cơ điện. Đặc tính chủ yếu của các loại máy thường gặp như trong bảng 4.1.

**Bảng 4.1**

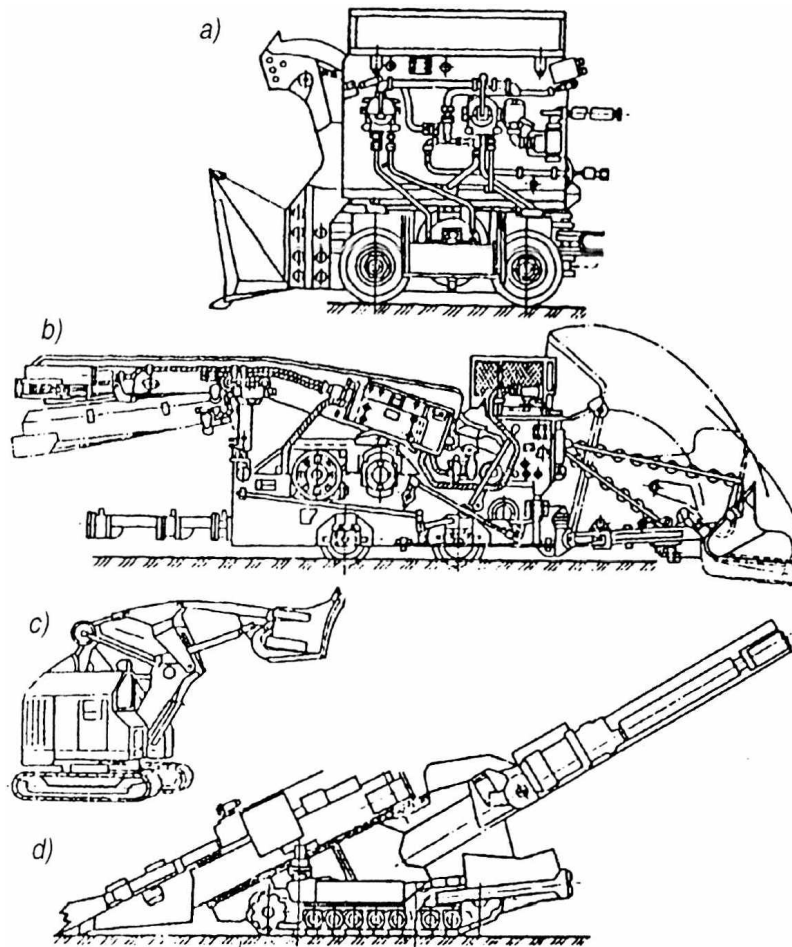
Các chỉ tiêu	Máy xúc hoạt động theo chu kỳ					
	Đổ trực tiếp			Đổ theo cấp		
	ППН-1С	ППН-2	ППН-3	ППН-4	ППН-4П	ППН-7
<i>l</i>	2	3	4	5	6	7
Kích thước tối thiểu của hang (rộng × cao), m	2,5 × 2,3	2,4 × 2,5	3,0 × 2,9	2,6 × 3,1	2,5 × 2,4	2,4 × 2,2

**Bảng 4.1 (tiếp theo)**

1	2	3	4	5	6	7
Dung tích gầu, m <sup>3</sup>	0,25	0,32	0,5	0,6	0,32	0,25
Diện xúc, m	2,2	2,5	3,2	3,8	4,0	4,8
Kích thước máy, mm						
dài	2270	2500	3200	3800	7430	9450
rộng	1150	1350	1900	1800	1750	1400
cao	1500	1600	$\frac{1800 *}{1900}$	$\frac{1900}{3000}$	$\frac{1400}{1700}$	1850
Công suất động cơ, kW	17,8	26,5	37	84	33,3	39,5
Trọng lượng, t	3,5	4,7	5,0	13	9,0	14

\* Tương ứng với trạng thái di chuyển và làm việc

**Chú ý:** Các máy trong bảng 3.1 do Liên Xô (cũ) sản xuất, trong thiết kế có thể dùng các loại máy tương tự.



**Hình 4.1:** Các loại máy xúc trong hầm

a) Máy xúc đổ trực tiếp chạy trên ray ППН-1с; b) Máy xúc có băng tải chạy trên ray 1 ППН-5;  
 c) Máy xúc gầu Э0-5114 (Liên Xô cũ sản xuất); d) Máy xúc xúc liên tục chạy xích ПНБ-3К

Khi sử dụng các loại vận chuyển không ray (ôtô, goòng tự hành...) để xúc bốc đá thường dùng các loại máy xúc hoạt động liên tục chạy trên xích, như các loại ПНБ 2, 3, 4 của Liên Xô (cũ), có trang bị bộ phận xúc có dạng lưới (giống như lưới xèng) (hình 4.1c) hoặc máy xúc gầu có dung tích 1,0 - 1,25m<sup>3</sup> đổ trực tiếp (hình 4.1d).

Các tính năng kỹ thuật của các loại máy xúc hoạt động liên tục kê ở trong bảng 4.2.

**Bảng 4.2**

Các chỉ tiêu	Máy hoạt động liên tục			
	ПНБ-2К	ПНБ-2К	ПНБ-3Д	ПНБ-4
Kích thước tối thiểu của hang (rộng × cao), m	3,0 × 1,8	3,7 × 2,5	3,7 × 2,5	4,0 × 3,0
Năng suất kỹ thuật, m <sup>3</sup> /ph	2,0	3,0	3,5	6,0
Diện xúc khi máy đứng ở một chỗ, m	1,8	2,0	2,5	2,7
Chiều cao đổ đá, mm	1500	2400	2400	2900
Kích thước máy, mm	dài	8000	8500	9000
	rộng	1800	2000	2500
	cao	1450	1900	2000
Công suất động cơ, kW	65	86,6	94	140
Trọng lượng máy, t	12	24	25	34

Để xúc bốc và chuyển đá trên một khoảng cách ngắn (≤ 100m) có thể dùng các loại máy xúc chuyển, đặc trưng của các loại máy này như trong bảng 4.3.

**Bảng 4.3**

Các chỉ tiêu	Máy xúc chuyển		
	ПД-5	ПД-8	ПД-12
Kích thước hang tối thiểu (rộng × cao), mm	2900 × 2700	3500 × 3000	3800 × 3200
Sức nâng, t	5	8	12
Dung tích gầu, m <sup>3</sup>	2,5	4,0	6,0
Chiều cao xúc tối đa, m	1,8	2,2	2,3
Công suất động cơ, kW	81,4	140,6	185,00
Tốc độ tối đa, km/h	20	20	20
Độ dốc tối đa, độ	18	18	18
Kích thước, mm	dài	7850	9200
	rộng	1900	2500
	cao	2240	2460
Trọng lượng, t	13,5	22,4	26



Năng suất khai thác của các loại máy xúc nói chung có thể xác định theo các công thức sau:

- Đối với máy xúc hoạt động theo chu kỳ khi di chuyển trên ray:

$$P_{kt} = \frac{60\varphi}{\frac{t}{v_2\eta_2} + \frac{t_1}{v_1\eta_1} + \frac{t_2}{nv_1\eta_1} + t_3} \quad (4.1)$$

trong đó:

- $\varphi$  - hệ số sử dụng máy theo thời gian,  $\varphi = 0.8 \div 0.85$ ;
- $t$  - thời gian chu kỳ làm việc của máy (theo đặc tính kỹ thuật của máy);
- $t_1$  - thời gian đổi goòng;
- $t_2$  - thời gian đổi tàu;
- $t_3$  - các mất mát thời gian khác tính cho  $1\text{m}^3$  đá, ph;
- $v_1$  - dung tích của goòng,  $\text{m}^3$ ;
- $v_2$  - dung tích của gầu máy xúc,  $\text{m}^3$ ;
- $n$  - số goòng của một đoàn tàu.
- $\eta_1, \eta_2$  - hệ số xúc đầy goòng và đầy gầu:  $\eta_1, \eta_2 = 0.4 \div 0.9$ .

- Khi xúc bằng máy xúc gầu hoặc máy hoạt động liên tục vào ô tô tự đổ công thức sẽ có dạng:

$$P_{kt} = \frac{60\varphi}{\frac{60}{P_t} + \frac{t_1}{\eta_1 v_1} + t_3} \quad (4.2)$$

trong đó:

- $t_1$  - thời gian nghỉ xúc của máy khi đổi xe, ph;
- $t_3$  - các thời gian mất mát khác nhau tính bình quân cho  $1\text{m}^3$  đá, ph;
- $v_1$  - dung tích của thùng xe,  $\text{m}^3$ ;
- $\eta_1$  - hệ số đầy xe,  $\eta_1 = 0.9 \div 1.0$ ;
- $P_t$  - năng suất kỹ thuật của máy ở dạng đá chặt,  $\text{m}^3/\text{h}$ .

Năng suất khai thác trung bình của máy xúc

$$P_{tb} = \frac{P_o}{100} P_{kt}, \text{m}^3/\text{h} \quad (4.3)$$

trong đó:  $P_o$  - phần trăm của thời gian làm việc so với toàn bộ thời gian xúc đá (thường là 65 - 70%).

Theo các số liệu thực tế khi tính toán năng suất xúc đá có thể sơ bộ phân phối thời gian trong vòng 1 ca như sau: 70% để xúc; 10% thời gian chờ đợi và những mất mát thời

gian không thể tránh được do những nguyên nhân kỹ thuật và công nghệ, 10% nhậ và chuyển ca, 10% cho các công tác phụ và nghỉ ngơi v.v...

## §2. VẬN CHUYỂN ĐÁ TRONG THI CÔNG HẦM

Theo cấu tạo của thùng xe và phương pháp dỡ tải người ta phân ra các loại goòng như sau: goòng cứng, goòng đổ theo kiểu lật, goòng đổ qua đáy, goòng đổ qua thành (mở thành), goòng đổ qua vách đầu goòng và goòng tự đổ. Trong xây dựng ngầm người ta thường dùng các loại goòng đổ theo kiểu lật, đổ qua vách và goòng tự đổ. Đặc trưng kỹ thuật chủ yếu của một số loại goòng do Liên Xô (cũ) sản xuất. Có thể tham khảo bảng 4.4.

**Bảng 4.4\***

Tên goòng	Các thông số cơ bản và kích thước thùng goòng				
	Dung tích (m <sup>3</sup> )	Rộng (mm)	Chiều cao từ đỉnh ray (mm)	Chiều dài (mm)	Trọng lượng (t)
BГ-2,2	2,2	1200	1300	2450	1,2
BГ-4	4,0	1320	1450	3850	1,8
BГ-8	8,0	1500	1550	6300	3,2
BБ-2,5	2,5	1340	1400	3150	1,3
BБ-4	4,0	1330	1560	4800	2,1
BHK-10	10,0	1500	$\frac{1650^{**}}{2440}$	10100	12,0

\* Các loại goòng trong bảng do Liên Xô (cũ) sản xuất.

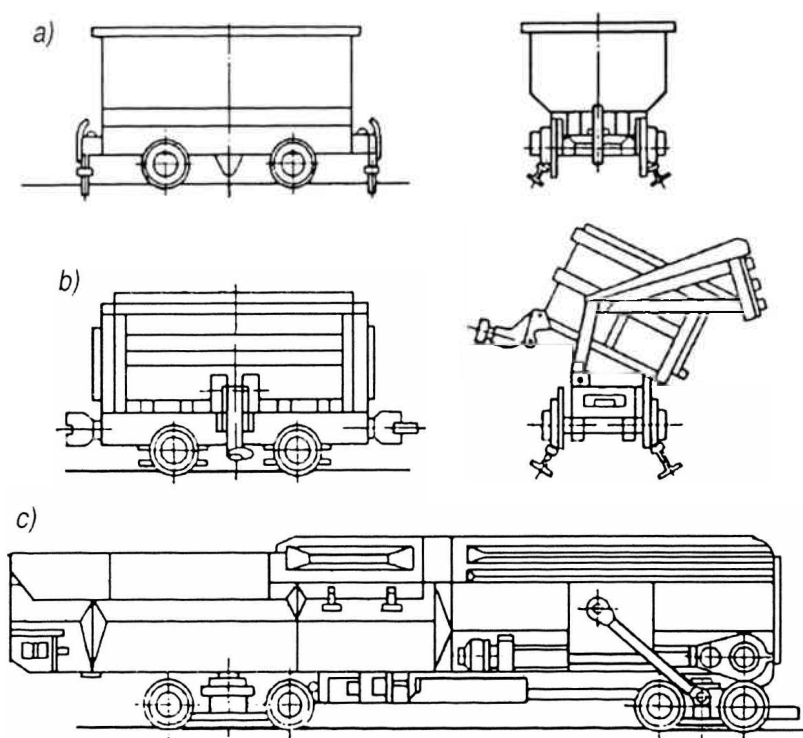
\*\* Tử số là chiều cao khi vận chuyển, mẫu số là chiều cao khi đổ.

Việc đổ đá đối với những goòng cứng (goòng cố định) được thực hiện nhờ các thiết bị lật goòng đảm bảo quay goòng 180°, đặt ở bãi thải trên cầu cạn.

Việc dỡ tải cho những goòng đổ đá theo kiểu mở thành cũng tiến hành trên cầu cạn. Việc mở thành được tiến hành nhờ một thiết bị kiểu bản lề được trang bị sẵn trên goòng.

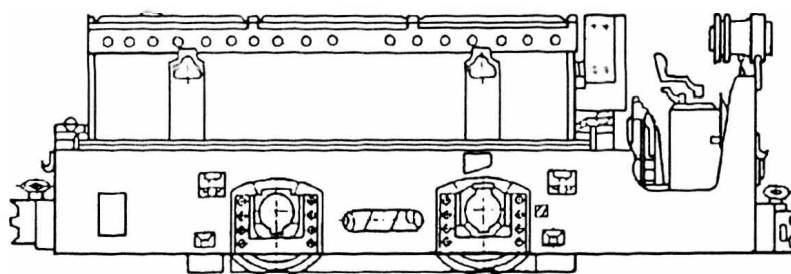
Với goòng tự đổ thì việc dỡ tải được thực hiện nhờ có trang bị cho goòng các thiết bị chuyển tải dẫn từ động cơ, biến đáy goòng thành một băng tải để chuyển đá từ goòng này sang goòng khác hoặc đổ ra bãi thải.

Khi xây dựng ngầm nếu dùng đường sắt để vận chuyển thì thường phải sử dụng các loại đầu kéo chuyên dụng, phổ biến hơn cả là các loại đầu kéo dùng acqui. Khổ bánh xe là 750 và 900mm (hình 4.3).



**Hình 4.2:** Các phương tiện thải đá trên đường ray

a) Goòng cố định; b) Goòng đổ đá qua thành; c) Goòng có thiết bị thải đá



**Hình 4.3:** Đầu máy điện ắc qui AMĐ-8 (Liên Xô cũ chế tạo)

Trong ngành mỏ người ta còn dùng loại đầu kéo tiếp xúc, tuy nhiên trong xây dựng hầm thì ít dùng do chế độ an toàn đòi hỏi cao hơn.

Ở Liên Xô (cũ) đã sản xuất các loại đầu kéo điện trọng lượng từ 2 đến 14t. Đặc tính kỹ thuật được ghi tóm tắt trong bảng 4.5.

**Bảng 4.5**

Loại đầu máy điện	Trọng lượng (t)	Công suất động cơ (kW)	Tốc độ (km/h)	Lực kéo (kN)
5ПРВ	5	12	6,5	6,5
AMĐ-8	8	20	7,5	8,1
АРП-18	14	47	10	17,8

Tất cả các loại đầu kéo điện do Liên Xô (cũ) sản xuất nguồn năng lượng đều có có dạng acqui sắt-nikel để đảm bảo trong các ca làm việc không phải nạp điện. Việc thay acqui và nạp điện cho acqui được thực hiện ở trạm đầu máy (đépô).

Việc tính toán sức kéo của đầu máy được tiến hành theo trình tự sau: xác định khối lượng của đoàn tàu xuất phát từ hai điều kiện là lực bám khi lên dốc, lực phanh khi xuống dốc và được tính toán theo công thức sau:

$$M_c = \frac{1000\psi M_d}{\omega_t + i + 110a} \quad (4.4)$$

trong đó:  $M_c$  - khối lượng đoàn tàu chở đầy đá, t;

$M_d$  - khối lượng của đầu máy điện, t;

$\psi$  - hệ số bám của bánh xe với ray

khi khởi động lên dốc  $\psi = 0,12$ .

khi phanh (hãm)  $\psi = 0,16$ ;

$\omega_t$  - sức cản riêng của toa nặng, N/kN;

khi khởi động  $\omega_t = 7 \div 9$ .

khi phanh  $\omega_t = 6 \div 7$ .

$i$  - độ dốc của đường ‰;

$a$  - gia tốc, m/s<sup>2</sup>.

khi khởi động  $a = a_n$  ( $a_n$  là gia tốc khởi động bằng 0,03);

khi phanh  $a = a_h$  ( $a_h$  gia tốc hãm) xác định theo công thức:

$$a_h = \frac{v_h^2}{2l_h} \quad (4.5)$$

ở đây:  $v_h$  - tốc độ lúc bắt đầu hãm, m/s;

$l_h$  - chiều dài đường hãm, m.

Số goòng trong đoàn tàu:

$$n_g = \frac{M_c}{M_t + W_t} \quad (4.6)$$

trong đó:  $M_c$  - trọng lượng đoàn tàu nặng, t;

$M_t$  - trọng lượng toa không, t;

$W_t$  - sức chở của goòng, t.

$$\text{Số lượng đoàn tàu: } n_{dt} = \frac{t_q}{t_n} \quad (4.7)$$

trong đó:  $t_q$  - thời gian quay vòng của đoàn tàu, ph;

$t_n$  - thời gian xúc đá cho tàu.

Số lượng đầu máy làm việc lấy bằng số lượng đoàn tàu cộng thêm một đầu máy dự phòng ở mỗi cửa hầm.

Khi vận chuyển bằng đường sắt phải giải quyết một loạt vấn đề liên quan đến đường vận chuyển như đường cố định, đường tạm, các loại ghi, cầu cạn, thiết bị đổi goòng v.v...

Tuỳ thuộc vào thời gian sử dụng ở hiện trường mà người ta chia ra: đường ray tạm đặt ở gần gương đào ngay sau khi thải đá và đường ray cố định đặt thay cho đường tạm, để khai thác suốt trong quá trình thi công hầm.

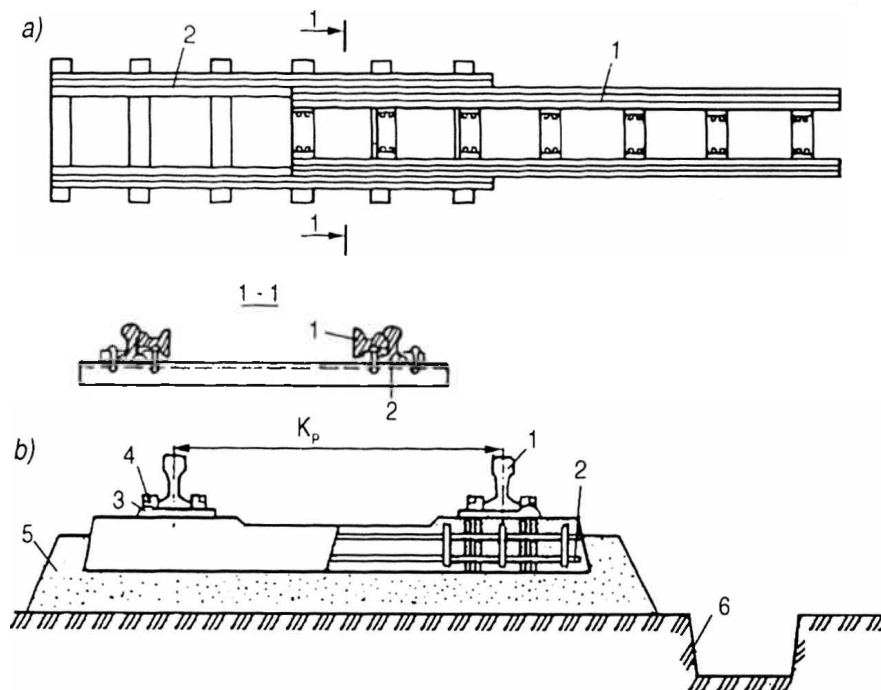
Cấu tạo đường ray có hai phần: cấu trúc phần dưới và cấu trúc phần trên.

- *Cấu trúc phần trên* gồm có các ray; các chi tiết nối, giữ ray (đinh crampông, ốc nối và lập lách) và tà vẹt cùng với lớp balat.

- *Cấu trúc phần dưới* gồm đáy hang và rãnh thoát nước.

Khi xây dựng hầm tuỳ theo trọng lượng đoàn tàu mà sử dụng ray P-24; P-33; P-38 đặt trên tà vẹt gỗ hoặc thép. Lớp balat có tác dụng để phân bố đều tải trọng từ tà vẹt xuống đáy hang. Lớp balat dùng chủ yếu là đá dăm kích cỡ từ 20 đến 60mm hoặc sỏi cùng kích cỡ như vậy. Chiều dày của lớp không nhỏ hơn 90mm. Lớp balat loại này chỉ sử dụng trên những đường ray mà thời gian phục vụ của nó không nhỏ hơn 2 năm.

Trực tiếp ở gần gương trong quá trình thi công có đặt đường ray tạm. Để làm đường tạm người ta dùng các khâu chế sẵn từ ray dài 1 đến 5m gắn trên tà vẹt thép hoặc các khung ray di chuyển được. Mẫu của một khâu ray di động như mô tả trên hình 4.4.



**Hình 4.4:** Ké cấu đường ray

a) Khâu ray di động; 1. khâu ray di động; 2. đường ray cố định;

b) Đường ray cố định; 1. ray; 2. tà vẹt; 3. bản đệm; 4. bulông giữ; 5. lớp balat; 6. rãnh thoát nước.

Các sơ đồ công nghệ đào hầm thuỷ lợi hiện đại, đa số người ta dùng sơ đồ bốc đá cho các đoàn tàu nhờ thiết bị chuyển tải hoặc dùng goòng tự chuyển như đã nêu trên. Với sơ đồ này không mất thời gian đổi goòng và đổi tàu ở gần gương.

Thiết bị chuyển tải thực chất là một băng tải di chuyển được, dài 40 - 50m, có năng suất đến 150m<sup>3</sup>/h. Chúng được ghép nối với máy xúc. Đoàn tàu rồng (chưa có đá) được xếp dưới băng tải và được kéo dần ra khỏi gương dưới băng tải để nhận đá. Có thiết bị chuyển tải sẽ tăng thời gian sử dụng của máy xúc lên rất nhiều. Các thiết bị chuyển tải cũng có thể tự di chuyển nhờ một động cơ điện hay động cơ khí nén hoặc được di chuyển nhờ chính máy xúc hay tời kéo. Việc dùng thiết bị chuyển tải dạng băng tải như trên (loại УПЛ-2М) chạy trên ray khi thi công hầm Arpa-Xevna ở Ácmênia cùng với máy xúc loại ППН do Liên Xô (cũ) chế tạo đảm bảo năng suất xúc đá 30 - 40m<sup>3</sup>/h.

Khi không dùng thiết bị chuyển tải thì ở gần gương đào phải có thiết bị để đổi goòng và lập tàu (có nhiều dạng khác nhau, có thể tham khảo ở các sổ tay thi công hầm hoặc thi công mỏ).

**Bảng 4.6**

Các chỉ tiêu	Các loại xe			
	MA3-508	KpA3-256	MoA3-6401	БЕЛA3-540
Sức tải, t	8	10	20	27
Dung tích thùng xe, m <sup>3</sup>	4,0	7,5	11,0	15,2
Chiều cao xúc, m	1,95	2,60	2,85	3,15
Bán kính quay, m	7,5	11,2	7,3	7,5
Công suất, kW	133	177	159	266
Tốc độ tối đa, km/h				
trên đường	60	47	40	55
trong hầm	15	15	15	10
Trọng lượng tổng cộng, t	14	22,2	38	55

Khi xây dựng các hầm có nhịp hang lớn hơn 6m thì thường dùng vận chuyển dạng không ray, chủ yếu là các ô tô tự đổ có trang bị thiết bị lọc khí thải để tránh gây ô nhiễm không khí trong hầm. Ở Liên Xô (cũ) thường dùng chủ yếu các loại xe có tải trọng từ 8 - 27t như MA3-508, KpA3-256, БЕЛA-3540. Trong những năm gần đây người ta dùng các loại xe tự đổ chuyên dụng được thiết kế phù hợp với những điều kiện khai thác trong hang ngầm. Ở Liên Xô (cũ) nhà máy Mogilev đã sản xuất các loại xe này như xe MoA3-6401 đã sử dụng rất có hiệu quả khi thi công tổ hợp ngầm Hoà Bình của nước ta. Xe MoA3-6501 có tải trọng 20t, tốc độ di chuyển tối đa trên đường 40 km/h, vượt được độ dốc 10%. Loại này dùng được cho những hầm tiết diện trung bình và lớn. Đặc tính kỹ thuật của các loại xe tự đổ thường dùng để thi công hầm do Liên Xô (cũ) sản xuất có thể tham khảo bảng 4.6. Để xác định sơ bộ số lượng xe có thể sử dụng toán đồ trên hình 4.5. Ngày nay nước ta đang có quan hệ kinh tế với hầu hết các nước trên thế giới do đó trong quá trình thi công có thể chọn các loại xe máy có các tính năng tương tự do các nước

khác sản xuất. Tuy nhiên, với tầm quản lý chung của ngành cũng nên có những định hướng trong việc mua sắm thiết bị vì hai nguyên nhân sau:

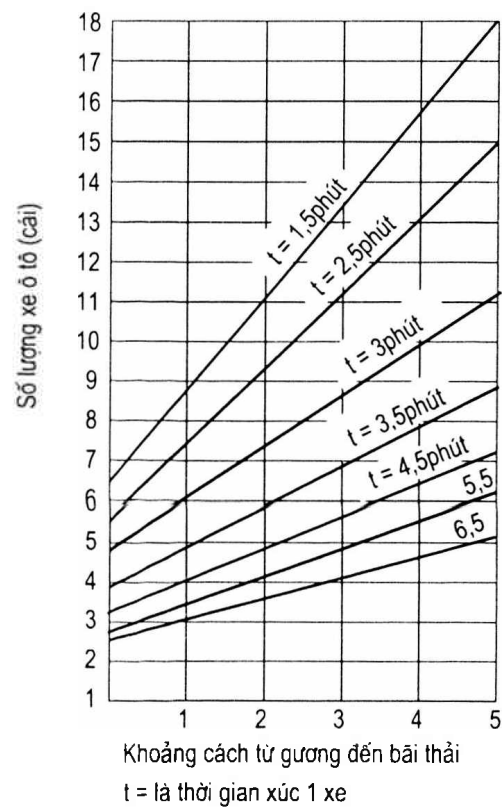
- Trong thực tế thi công hầm mọi chi phí về thiết bị không dừng ở việc mua sắm trang thiết bị ban đầu mà còn đòi hỏi các chi phí rất lớn vào việc mua sắm phụ tùng thay thế.
- Trong thi công hầm công tác sửa chữa, duy tu bảo dưỡng máy móc thiết bị thường đóng vai trò hết sức quan trọng. Trong những "xưởng hầm" công tác sửa chữa, tổ hợp thành các cụm chi tiết thay thế hoặc thiết bị thay thế phải thường xuyên và sẵn sàng, vì mọi chậm trễ trong thi công hầm do bất kỳ nguyên nhân nào cũng đều dẫn đến những hậu quả khôn lường.

Với những lý do trên nếu không có định hướng sẽ rất khó khăn cho công tác sửa chữa khôi phục các chi tiết hoặc thiết bị và sẽ rất tốn kém, bị động cho công tác mua sắm phụ tùng thay thế. Thực tế thi công hầm trên công trình thủy điện Hoà Bình, xây dựng mỏ ở Quảng Ninh hoặc các mỏ khác của nước ta đã chứng minh điều này. Đặc biệt khi ở trong nước ngành cơ khí mỏ còn ở trình độ hết sức thấp kém và chắp vá.

Khi thi công các gian máy, các buồng có kích thước lớn cự ly chuyển đá gần có thể dùng goòng tự hành dạng động cơ chạy bằng cáp điện. Ở Liên Xô (cũ), Ba Lan và các nước khác đã sản xuất các loại goòng tự hành có đáy là băng tải đảm bảo tự thải đá và chuyển tải từ goòng này sang goòng khác chạy bằng động cơ lấy điện bằng cáp điện mềm cuốn trên một tang bên sườn, chiều dài cáp 400 - 450m. Tốc độ di chuyển tối đa của loại goòng này là 8km/h. Đặc tính kỹ thuật của chúng có thể tham khảo bảng 4.7.

**Bảng 4.7**

Các chỉ tiêu	Các loại goòng tự hành			
	4BC-10	1BC-20	CKB-10	2BC-15
Sức tải, t	10	20	13	15
Dung tích thùng, m <sup>3</sup>	8,4	12,9	7,5	9,0
Tốc độ di chuyển km/h	8,0	8,0	8,5	7,0
Độ dốc giới hạn, độ	10	10	12	12



**Hình 4.5:** Toán đồ để xác định số lượng ô tô tự đổ để chuyển đá từ goòng ra bãi thải

Số lượng ô tô tự đổ hoặc goòng tự hành được xác định theo toán đồ (hình 4.5). Ở đây  $t = t_x + t_M$  ( $t_x$  - thời gian xúc đá,  $t_M$  - thời gian đổ đá).

Việc chọn sơ bộ các thiết bị vận chuyển chủ yếu căn cứ vào bề rộng hàng và có thể tham khảo bảng 4.8.

**Bảng 4.8**

Nhịp hàng (m)	Loại máy xúc	Loại phương tiện vận chuyển	
		Loại xe	Dung tích thùng (m <sup>3</sup> )
2,5	ППН-1С	Goòng	1,20 - 2,20
3,0	ППН-3	"	1,6 - 4,0
4,0 - 6,0	ППН-4	"	4,0 - 10,0
7,0 - 10,0	ППБ-3К, 3Д, 4	Ô tô tự đổ	
	Máy xúc gầu	МАЗ - 508	4,0
	ЭО - 5114 (5112)	КрАЗ - 256	7,5
Lớn hơn 10	Máy xúc gầu	МоАЗ - 6401	10,0
	ЭО - 7114	БЕЛАЗ-540	15,2



## Chương 5

# GIA CỐ HANG NGẦM

### §1. KHÁI NIỆM CHUNG

Các điều kiện tự nhiên của khối địa tầng và chất lượng của chúng sau khi đào hang là các nhân tố để xác định kích thước và kết cấu của vỏ hầm cũng như quyết định loại và phương pháp gia cố (chống đỡ) hiệu quả trong quá trình thi công.

Vì chống dùng để chống nóc và vách hang ngầm khỏi bị phá hoại trước khi xây vỏ hầm vĩnh cửu, để bảo vệ công nhân và thiết bị ở trong hầm khỏi nguy hiểm do lở đá và chúng được gọi là vì chống tạm.

Trong đá cứng nứt nẻ, phân lớp hoặc có kèp các lớp sét sau khi đào có thể xảy ra hiện tượng xô dịch và sụt lở các cục hoặc khối đá riêng rẽ, có khi cả một lớp nào đó do mất ổn định. Hiện tượng này không xảy ra tức thời sau khi nổ mìn gương mà thường sau một thời gian nào đó tính bằng giờ, đôi khi tính bằng ngày.

Thời gian này thường đủ để dựng vì chống tạm cho một bước đào từ 2 đến 4m (tùy thuộc vào đặc tính và độ nguyên vẹn của địa tầng).

Để chọn đúng đắn kết cấu của vì chống, kích thước và khoảng cách của chúng cần thiết phải có đầy đủ các số liệu về địa chất công trình và các chỉ tiêu cơ lý của đất đá, các số liệu về áp lực địa tầng hoặc kích thước sụt lở. Tuy nhiên, việc xác định giá trị của áp lực địa tầng là một bài toán rất khó, không phải bao giờ cũng có lời giải, ngay cả sau khi đã tiến hành đào đất đá của hang ngầm. Ngoài ra, tải trọng lên vì chống theo thời gian cả về chất và lượng đều thay đổi một cách không đơn điệu do hàng loạt nguyên nhân như ảnh hưởng của nổ mìn: sự thay đổi các đặc trưng cơ lý do tác động của nhiệt độ, của khí quyển, của nước; sự giảm yếu của vì chống do rỉ, do các tác động ăn mòn của nước có tính xâm thực v.v... Đối với vì chống tạm có hàng loạt các yêu cầu về kinh tế, kỹ thuật và công nghệ cần phải thoả mãn.

- Các yêu cầu về kỹ thuật bao gồm: độ bền cao; tính ổn định của vì chống phải đủ tiếp nhận với độ an toàn nhất định các loại tải trọng tĩnh, động, chấn động có thể xảy ra; Tính đơn giản của vì chống về cấu tạo, về lắp ghép, tháo dỡ; tính chống cháy v.v...

- Các yêu cầu về kinh tế như: không khan hiếm về vật liệu và các chi tiết liên kết khác; tính vĩnh cửu; giá thành không cao; có thể sử dụng nhiều lần; kích thước và trọng lượng không lớn.

- Các yêu cầu về công nghệ: tính đơn giản; dễ công nghiệp hoá việc chế tạo và xây dựng; dễ tổ hợp; khả năng cơ giới hoá quá trình thi công để đảm bảo thời gian dựng vì chống là nhanh nhất; không cồng kềnh, không chiếm không gian ở gần gương...

Các loại vật liệu để làm vì chống như: gỗ, thép hình, các loại cốt thép nhẵn hoặc có gờ, lưới thép, bê tông, bê tông phun...

Ngày nay thường áp dụng các loại vì chống dạng vòm hoặc khung bằng gỗ, bằng thép; vì chống neo; vì chống bê tông phun và vì chống bê tông toàn khối đổ tại chỗ v.v...

Vì chống gỗ dạng khung; nan quạt hay đa giác ngày nay ứng dụng hạn chế trong thực tế. Chúng chỉ sử dụng trong thời gian ngắn, cho các hang khảo sát, các hang phụ tiết diện không lớn và đào trong đất yếu hoặc ở những đoạn hầm ngắn nằm trong vùng đất bị phay phá và các phá hoại khác.

## **§2. VÌ CHỐNG VÒM THÉP**

Trong những điều kiện địa chất công trình phức tạp, trong các loại đất yếu, đá bị phá hoại xác định được hệ số độ cứng nhỏ hơn 4 thì hay dùng vì chống dạng vòm thép. Vì chống vòm thép là một hệ không gian ghép từ những vòm chế tạo từ thép I hoặc các loại thép hình chuyên dụng khác được giăng lại với nhau để đảm bảo ổn định theo phương dọc hầm.

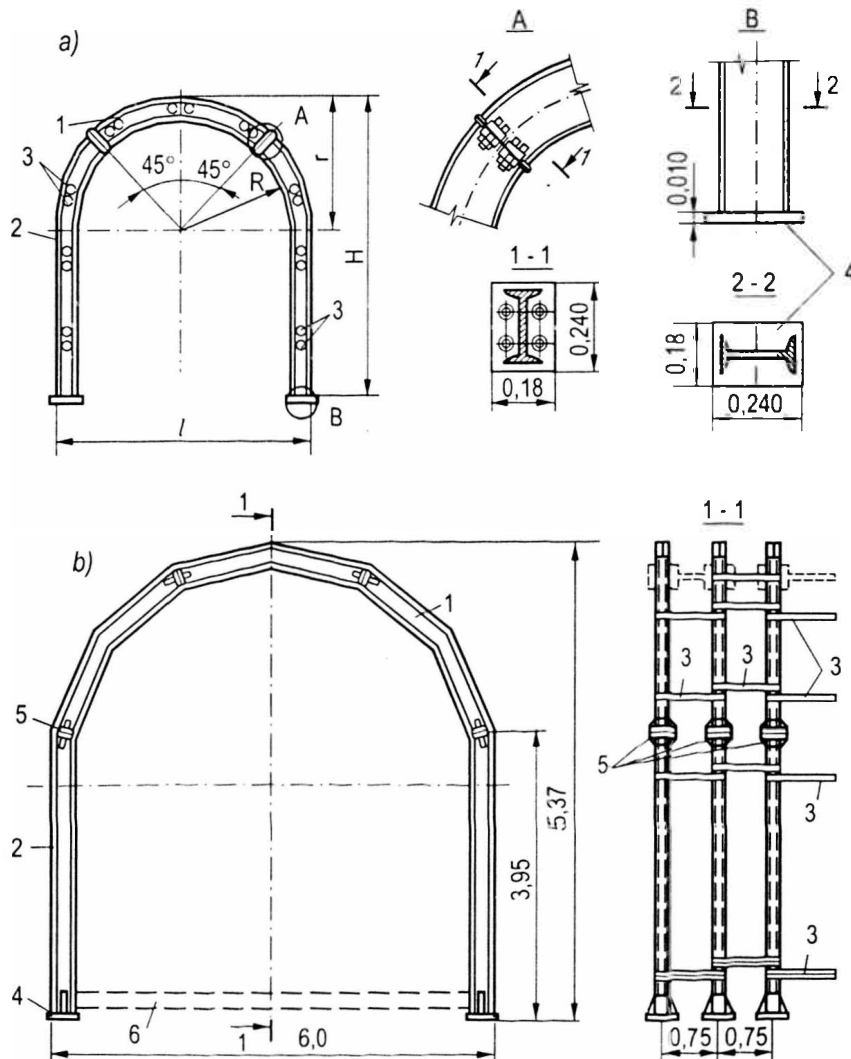
Khoảng giữa của vòm và đá nếu vách hang ổn định thì được ghép chèn bằng ván gỗ hoặc tấm bê tông cốt thép đúc sẵn rồi nện chặt vào đá. Trong những hầm thuỷ lợi có áp thì không cho phép sử dụng ván chèn bằng gỗ nếu vòm thép được bỏ lại trong vỏ bê tông vĩnh cửu.

Vì chống vòm thép tùy thuộc vào tiết diện ngang của hang có thể gồm hai hay ba đoạn, nối với nhau bằng bulông.

Trên hình 5.1 là một kết cấu được sử dụng khá phổ biến của vì chống vòm thép. Chúng có dạng cong tròn hoặc đa giác, các nút chính của vòm đều được nối bằng bulông. Khi có áp lực bên thì vòm được biến thành kết cấu dạng khép kín bằng cách đưa thêm thanh chống văng bằng thép vào vị trí chân vòm. Chân cột thẳng đứng được chôn sâu vào địa tầng 15-20cm. Theo phương dọc các thanh văng cũng phải nối trực tiếp với vòm bằng bulông. Khoảng cách của các thanh văng dọc theo vòm thường từ 1 đến 1,5m. Để làm vì chống vòm người ta thường sử dụng thép I từ I-14 đến I-27. Các vòm đặt cách nhau từ 0,3 đến 1,3m. Vì chống vòm chịu áp lực đất được tính bằng phương pháp tương tự như tính vỏ bê tông một lớp (xem giáo trình thiết kế hầm).

Việc dựng vì chống vòm thép tiến hành ngay sau khi thải đá xong. Đầu tiên dựng hai cột, giăng lại với các vòm đã dựng ở sau bằng các liên kết dọc, sau đó là các chi tiết còn lại cho đến khi khép kín vòm. Việc lắp ráp các chi tiết thuộc phần vòm có thể bằng một

giá li động hoặc xe nâng. Sau khi dựng xong vòm thì ghép ván chèn và xếp đá hoặc gỗ để lấp đầy khoảng trống giữa ván và vách hang.



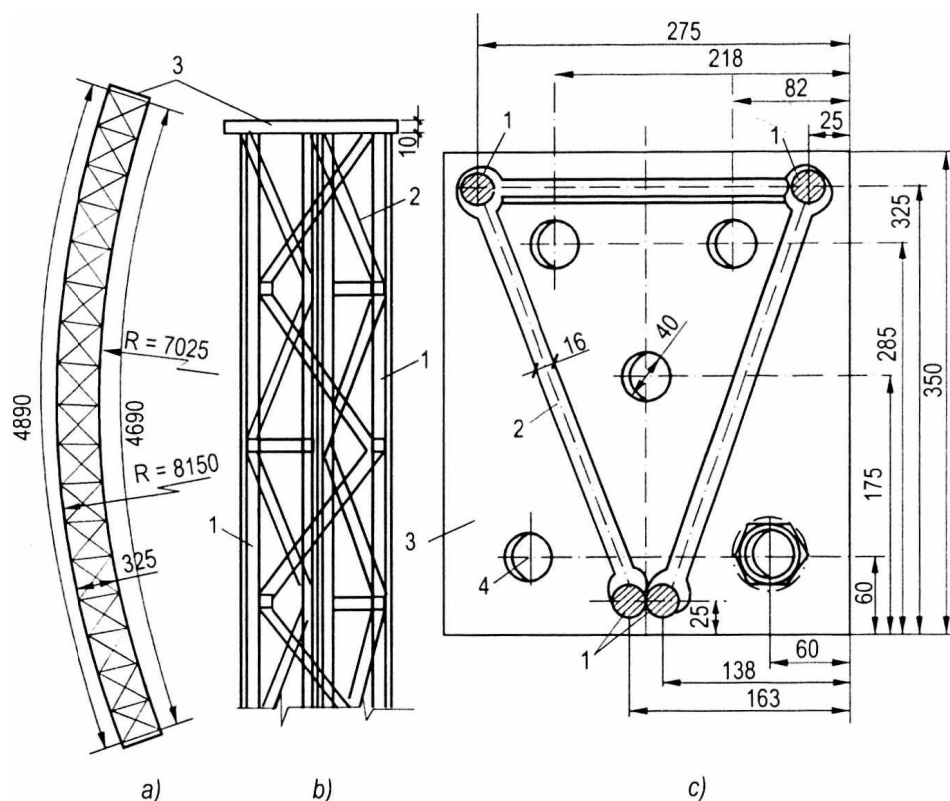
**Hình 5.1:** Vòm chống vòm thép

a) Dạng bán khuyên; b) Dạng đa giác;

1. phần vòm bên trên; 2. cột; 3. thanh căng thép hoặc giằng; 4. tấm kê;  
5. mối nối lắp ráp; 6. thanh văng ngang ở chân vòm

Để tiết kiệm thép, trong một số trường hợp vòm thép hình có thể thay bằng vòm thép được chế tạo từ thép góc nhỏ hoặc cốt thép sau này đưa vào đóng vai trò cốt thép của vỏ hầm vĩnh cửu. Đây cũng là một giải pháp khá lý thú đã được áp dụng trong thực tế.

Trên hình 5.2 là kết cấu vòm dạng lưới thép lập từ các cấu kiện riêng rẽ. Mỗi cấu kiện của vòm lưới lập từ 4 thanh cốt thép làm việc một, thường là thép gai  $d = 24 - 26\text{mm}$ , các thanh liên kết 2 đường kính 16mm và bản gối 3 kích thước  $300 \times 350\text{mm}$  trên đó có các lỗ 4 để liên kết bulông.



**Hình 5.2a:** Cấu kiện vòm không gian dạng lưới  
a) Nhìn chung cấu kiện; b) Sơ đồ không gian lưới; c) Bản kê có lỗ.

### §3. VÌ CHỐNG NEO

Vì chống neo không chỉ có tác dụng chống sụt lở mà còn có tác dụng đưa cả khối đá bao quanh hầm vào làm việc, biến nóc và vách hang thành một kết cấu thống nhất có khả năng chịu tải khá lớn. Tính ổn định của hang khi sử dụng vì chống neo được đảm bảo do tăng khả năng làm việc của đất đá bằng cách gia cố các lớp riêng rẽ hoặc vùng phá hoại. Các neo được gia cố ra phía ngoài vùng sụt lở, giữ nóc và vách hang từ phía khối đá, do đó chúng không chiếm không gian của hang. Vì chống neo có thể áp dụng cho đá cứng với hệ số độ cứng biến thiên trong khoảng rất rộng ( $f_k \geq 4$ ).

Theo nguyên tắc gia cố trong đá người ta phân ra làm ba loại neo: neo thép, neo bê tông cốt thép và neo chất dẻo (êpooxi).

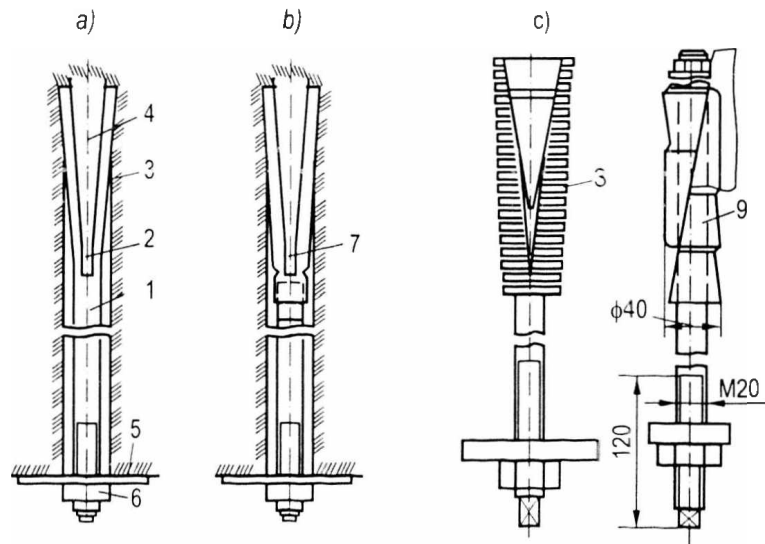
#### a) Neo thép

Neo thép được gắn cứng vào lỗ khoan nhờ đầu neo. Tùy theo kết cấu của đầu neo phân ra làm neo chêm và neo đầu nở.

Ngày nay có rất nhiều dạng neo chêm và neo đầu nở khác nhau đã được thử thách trong thực tế nhưng phổ biến hơn cả là các loại mô tả trên hình 5.3.

Việc đặt neo chêm được thực hiện như sau: thanh neo 1 có chiều dài lớn hơn một chút so với lỗ khoan để đặt neo 3 có cắm sẵn vào khe chế tạo trước trong thân neo một nêm 4 được đưa vào lỗ 3 rồi dùng búa đóng ở đầu ngoài của neo để đầu neo ngàm chắc

vào đất. Sau đó đặt bản đệm 5 rồi xiết écru 6 để ép bản đệm vào đất và tạo nên trong thân neo một lực căng nào đấy. Loại neo chêm đơn giản này là kết cấu không tháo ra được. Để tiết kiệm thép bằng cách tạo khả năng dùng đi dùng lại nhiều lần, người ta tạo ra các loại neo có đầu nở. Sơ đồ nguyên tắc của loại neo này như trên hình 5.3c. Đặc trưng cơ bản của các loại neo đầu nở là có khả năng tự nện chặt vào đá khi tăng tải trọng căng trong thân neo (cũng có loại chỉ dùng lại phần thân neo như trên hình 5.3c).



**Hình 5.3:** Kết cấu neo chêm và neo đầu nở  
a) Neo có đầu chêm; b) neo đầu nở đối xứng và phản ứng

Kết cấu neo được xem là hợp lý nếu như độ bền của đầu neo bằng độ bền kéo đứt của thân neo.

Sơ đồ tính toán của đầu neo chêm và đầu nở như trên hình 5.4.

Khả năng chịu lực tính toán của thanh neo  $P_c$  dưới tác dụng của tải trọng dọc trục được xác định theo công thức:

$$P_c = F \cdot R_s \cdot m_y \quad (5.1)$$

trong đó:

$F$  - diện tích giảm yếu tiết diện thanh;

$R_s$  - độ bền tính toán của vật liệu thanh chịu kéo;

$m_y$  - hệ số điều kiện làm việc.

$$m_y = 0,7 \div 0,90;$$

Khả năng làm việc giới hạn của neo chêm vào neo đầu nở:

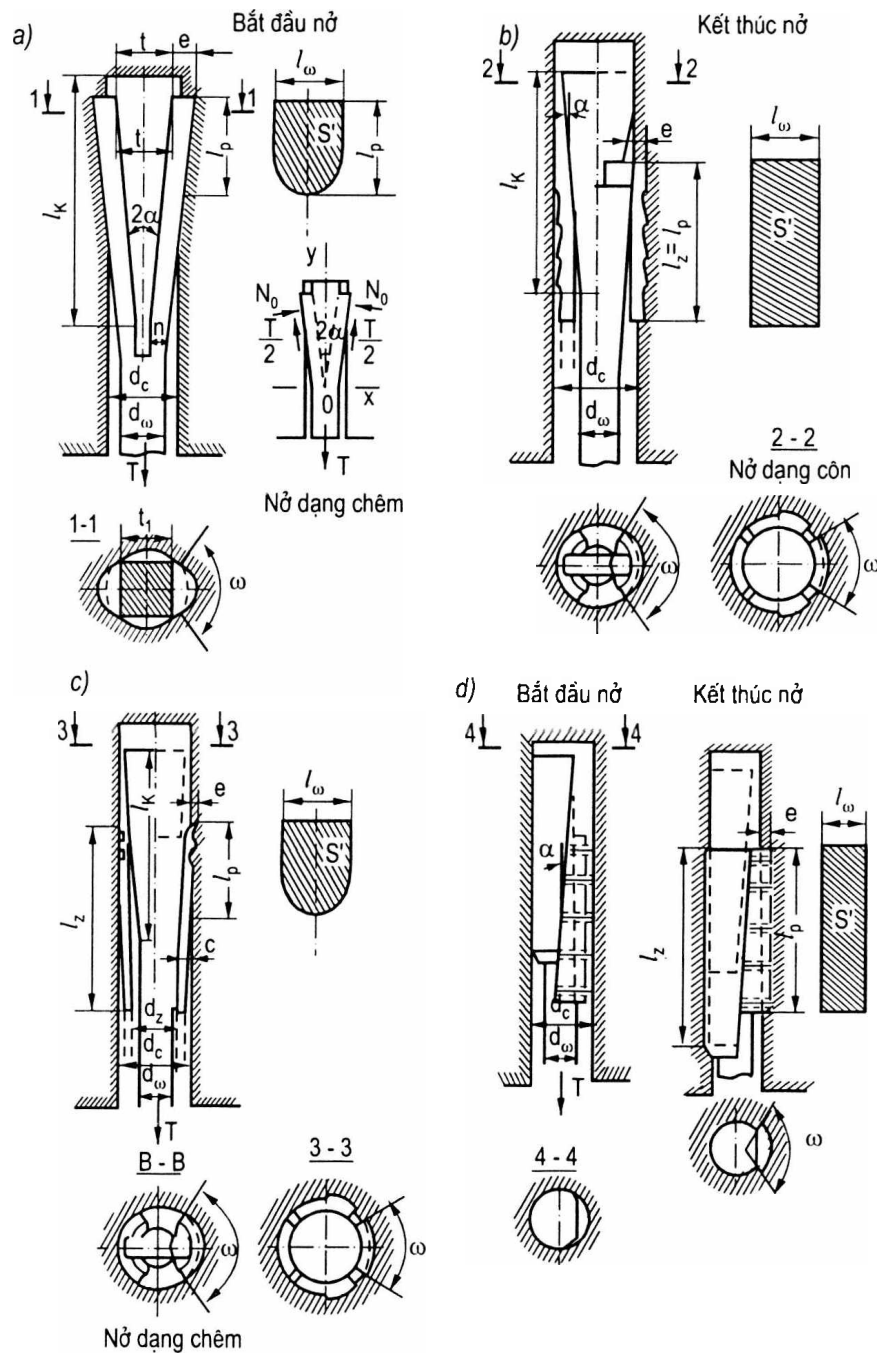
$$T = \frac{m S' R}{K_p} \quad (5.2)$$

trong đó:

$m$  - số chi tiết của đầu neo, tựa lên vách lỗ khoan, thường thì  $m = 2 \div 4$ ;

$S'$  - diện tích tiếp xúc của một chi tiết bám vào vách lỗ khoan được xác định trong từng trường hợp cụ thể xuất phát từ cấu tạo của đầu neo và lỗ khoan để đặt neo;

$R$  - độ bền tiêu chuẩn của địa tầng ( $R_{ep}$ ) hay của thép ( $R_{CM}$ ) khi chịu ép mặt;



**Hình 5.4:** Sơ đồ tính các đầu khoá của neo kim loại

- a) Đầu chêm;
- b) Đầu nở bằng đoạn thân nêm;
- c) Đầu nở có vỏ trụ đối xứng;
- d) Đầu nở phản xứng (nêm trượt)

$K_p$  - hệ số ép của chi tiết đầu neo vào vách lỗ khoan:

$$K_p = \frac{1}{\sin \alpha + f_{ms}} \quad (5.3)$$

trong đó:

$\alpha$  - một nửa góc vát của nêm hay đầu nở lấy theo cấu tạo và kích thước của đầu neo,  $\alpha = 2 \div 5^\circ$ .

$f_{ms}$  - hệ số ma sát của chi tiết đầu neo vào đá được xác định theo bảng 5.1.

**Bảng 5.1**

Vật liệu tiếp xúc	Hệ số ma sát của vật thể khô	Hệ số ma sát của vật thể ướt
Thép-đá granit	0,4 - 0,5	0,3 - 0,4
Thép-sa thạch (cát kết)	0,35 - 0,40	0,32 - 0,38
Thép-đá vôi	0,25 - 0,40	0,20 - 0,35
Thép-argilit (alevrôlit)	0,35 - 0,45	0,25 - 0,30

Diện tích tiếp xúc của chi tiết đầu neo với đá:

$$S' = l_w l_p k_s \quad (5.4)$$

trong đó:

$l_w, l_p$  - chiều rộng và chiều dài bề mặt tiếp xúc lý thuyết của đầu neo với địa tầng trên hình 5.4;

$k_s$  - hệ số tiếp xúc có xét đến độ lồi lõm của bề mặt của các chi tiết, độ không bằng phẳng của vách lỗ khoan cũng như chiều sâu áp dụng ( $k_s \leq 1$ ).

Khả năng chịu lực tính toán của đầu neo:

$$P_z = T \cdot k_n \cdot m_y \quad (5.5)$$

trong đó:

$T$  - giá trị nhỏ nhất của khả năng chịu lực giới hạn của đầu neo xác định theo công thức (5.2);

$k_n$  - hệ số chuyển đổi từ độ bền tiêu chuẩn sang độ bền tính toán;

$m_y$  - hệ số điều kiện làm việc (khi lỗ khoan khô,  $m_y = 0,9$ , khi ướt  $m_y = 0,7 \div 0,8$ ).

Hệ số  $k_n$  đối với độ bền của đất đá khi trượt được xác định theo số liệu thực nghiệm khi chất tải lâu dài, đối với độ bền trượt của thép thì  $k_n = 0,70$ . Khi tính toán sơ bộ đối với địa tầng bền vững ( $R_c > 60$  MPa)  $k_n = 0,9 \div 1,0$ , đối với độ bền trung bình (30 - 60 MPa),  $k_n = 0,7 \div 0,8$ ; còn đá kém bền (10 - 30 MPa)  $k_n = 0,5 \div 0,6$ .

Chiều dài của neo:

$$l_a = h_n + l_z \quad (5.6)$$

Trong đó:

$h_n$  - chiều sâu vùng phá hoại;

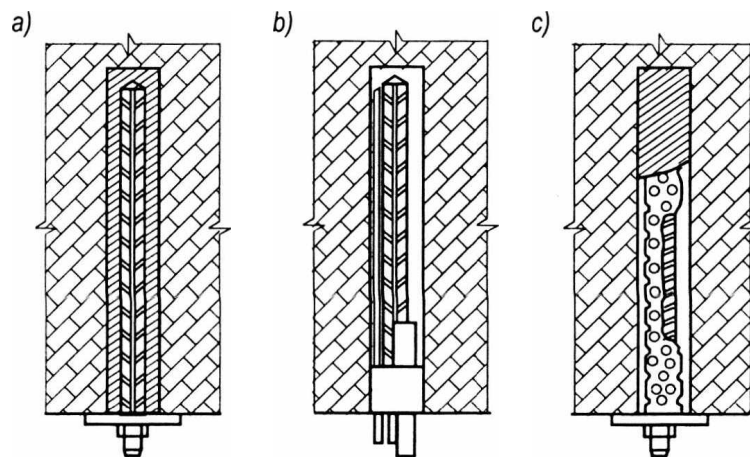
$l_z$  - chiều sâu neo nằm ngoài vùng phá hoại (hoặc vùng sụt lở tính toán),  
đối với neo thép  $l_z = 0,25 h_n$ .

Nhược điểm chung của neo thép là không có phòng rĩ.

### b) Neo bê tông cốt thép

Neo bê tông cốt thép là một thanh thép được gắn chắc vào trong lỗ khoan bằng vữa xi măng hoặc xi măng cát, ở đầu ngoài có trang bị một bản đệm.

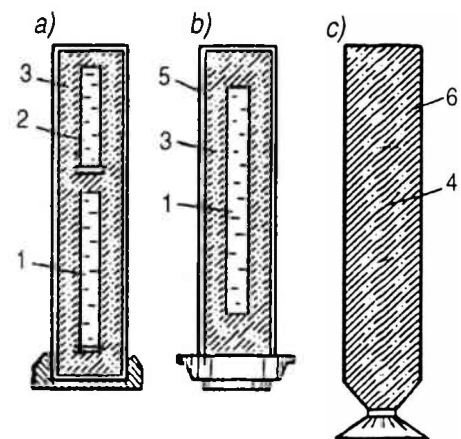
Theo phương pháp lấp đầy lỗ khoan bằng vữa, neo bê tông cốt thép được phân làm neo đóng, neo ép và neo dạng "perpho" (hình 5.5).



**Hình 5.5:** Kết cấu neo bê tông cốt thép  
a) Loại đóng; b) Loại ép; c) Loại "Perpho".

Đơn giản và sử dụng rộng rãi hơn cả trong thực tế là loại neo đóng (hình 5.5a). Để đặt chúng đầu tiên người ta lấp đầy vữa đặc vào lỗ khoan, sau đó đưa vào lỗ (đóng hoặc ấn) một thanh thép. Các neo loại này đã sử dụng phổ biến ở hầu hết các hang, hầm của tổ hợp ngầm thủy điện Hoà Bình, thủy điện Italy, các thủy điện lớn ở Liên Xô (cũ) và các nước khác.

Vữa xi măng cát hoặc vữa xi măng có độ đặc khác nhau là vật liệu chính, xác định độ bền gia cố, thời hạn đưa vào sử dụng, công nghệ thi công và năng suất đặt neo.



**Hình 5.6:** Các tuýp keo để đặt neo  
a, b) Tuýp nhiều ngăn; c) Tuýp một ngăn



Ở những hầm xây dựng trong đá đôi khi đòi hỏi phải chuyển vữa đi xa một khoảng không lớn (10-15m và lớn hơn) chúng thường có những tính chất sau: độ sụt phải đảm bảo để chuyển vữa bằng ống cao su vãi với khoảng cách cần thiết; có độ đồng đều và không phân tầng, có độ bền cao v.v... Để giảm độ keo và cải thiện điều kiện làm việc khi bơm vữa theo đường ống mềm, đề nghị dùng cát nhỏ có môđun đô lớn  $M_k = 1,3 \div 1,50$ .

Người ta dùng phổ biến trong thực tế là các vữa xi măng có thành phần X: C(1:0) với  $N/X = 0,3 \div 0,35$ ; vữa xi măng cát X: C (1:1) và (2:1) với  $N/X = 0,3 \div 0,4$ .

Thanh thép neo thường dùng là thép gai đường kính 16 - 25mm. Neo bê tông cốt thép được khoan sâu ra ngoài vùng phá hoại một đoạn  $l_z$  trị số của nó được xác định theo công thức:

$$l_z = \frac{R_s \cdot d}{400\tau} \geq 0,5m \quad (5.7)$$

trong đó:  $R_s$  - độ bền tính toán của thanh neo khi chịu kéo, MPa;

$\tau$  - lực dính bám tính toán, MPa;

$d$  - đường kính thanh neo (cm).

Độ bền của neo bê tông cốt thép cần phải được kiểm tra bằng cách rút thử neo. Khi rút thử neo có thể xảy ra hai trường hợp: phá hoại theo bề mặt thanh neo với vữa, khi đó độ bền của neo được tính do lực dính bám của vữa với thanh neo, và đứt theo mặt dính bám của vách lỗ khoan với vữa, khi đó độ bền của neo được xác định bởi lực dính bám của vữa với địa tầng.

Trong trường hợp phá hoại thứ nhất  $d$  trong công thức (5.7) được thay bằng đường kính thanh thép, còn  $\tau$  được thay bằng lực dính của vữa với thanh thép. Trong trường hợp phá hoại thứ hai  $d$  thay bằng đường kính lỗ khoan và  $\tau$  được thay bằng lực dính của vữa với địa tầng. Chiều dài neo được lấy theo chiều dài lớn nhất của hai giá trị trên.

Ở những vùng có khí hậu khắc nghiệt thì điều kiện tự nhiên có ảnh hưởng rất lớn đến những giá trị tính toán và công nghệ thi công các loại neo, đặc biệt là neo bê tông cốt thép. Trong những trường hợp này nhiều khi người ta phải sử dụng các phụ gia để đảm bảo các đặc trưng tính toán của neo bê tông cốt thép.

Giá trị tính toán của lực dính bám của vữa với thanh thép gai với các nhiệt độ dương thường lấy 25 - 35 kg/cm<sup>2</sup>.

Nhược điểm cơ bản của neo bê tông cốt thép mà thanh thép được đóng vào lỗ chêm đầy vữa có tải trọng tính toán từ 80 đến 120kN là các neo này chỉ làm việc khi vữa trong neo đạt độ bền cần thiết. Để rút ngắn thời gian đông cứng của vữa người ta dùng các loại xi măng trương nở thể tích, xi măng đông kết nhanh hoặc xi măng nhôm oxyt, hoặc đưa vào các phụ gia đông kết nhanh như clorua canxi, aluminat, natri, thủy tinh lỏng v.v...

Trong các loại địa tầng ngầm nước người ta dùng neo có chất chèn lấp là chất dẻo polime;

Để đặt neo chất dính kết là các loại polime người ta dùng các thành phần polime đóng sẵn thành túi. Tùy theo loại polime mà các túi này có dạng một ngăn hoặc nhiều ngăn

(hình 5.6). Để làm neo người ta thường dùng các loại keo êpooxi, các keo phenol, hoặc chất làm đông cứng khác.

Trong các túi đựng keo nhiều ngăn thì trong lỗ (ngăn) 1 chứa chất làm đông kết nhanh; còn ngăn 2 là chứa các hỗn hợp keo và chất độn được chứa trong ngăn 3. Trong túi một ngăn thì tất cả các thành phần keo đã trộn sẵn và chứa trong ngăn 4. Ống thủy tinh 5 hoặc túi poliêtilen 6 được đưa vào trong lỗ khoan, tiếp theo là đưa thanh thép neo có đầu nhọn vào bằng cách đóng chấn động vào túi đựng keo (hoặc ống thủy tinh) để trộn chúng và gia cố lỗ khoan. Lực dính của thanh thép gai với các keo làm neo rất lớn  $\tau = 150 \div 200 \text{ kg/cm}^2$ . Lực dính của keo với địa tầng tùy thuộc vào độ bền và tính nguyên vẹn của địa tầng  $\tau = 100 \div 150 \text{ kg/m}^2$ ; trong các địa tầng ngậm nước  $\tau$  giảm đi 20 - 40%.

Khoảng cách giữa các neo theo phương ngang và dọc hãm đối với các loại neo được lấy bằng trị số nhỏ nhất theo các điều kiện sau đây:

a) Theo điều kiện tạo thành vòm đá

$$a = l_a - \frac{k_b q_{tc}}{c} (l_a + b_o), \text{ m} \quad (5.8)$$

trong đó:  $k_b$  - hệ số phụ thuộc vào hình dạng hang và độ ổn định của đá  $k_b = 0,2 \div 0,3$ ;

$b_o$  - bề rộng (nhịp) hang, m;

$q_{tc}$  - áp lực thẳng đứng tiêu chuẩn của địa tầng, MPa;

$c$  - lực dính của đất trong vùng phá hoại, xác định bằng thí nghiệm. Để tính toán sơ bộ có thể tính theo công thức sau:

$$c = 0,3 f_k \quad (5.9)$$

b) Theo điều kiện ổn định của đá giữa các neo

$$a = \frac{l_a}{3} \sqrt{\frac{C}{q_{tc}}}, \text{ m} \quad (5.10)$$

c) Theo độ bền gia cố của neo

$$a = \sqrt{\frac{P_a}{\rho_n h_n g}}, \text{ m} \quad (5.11)$$

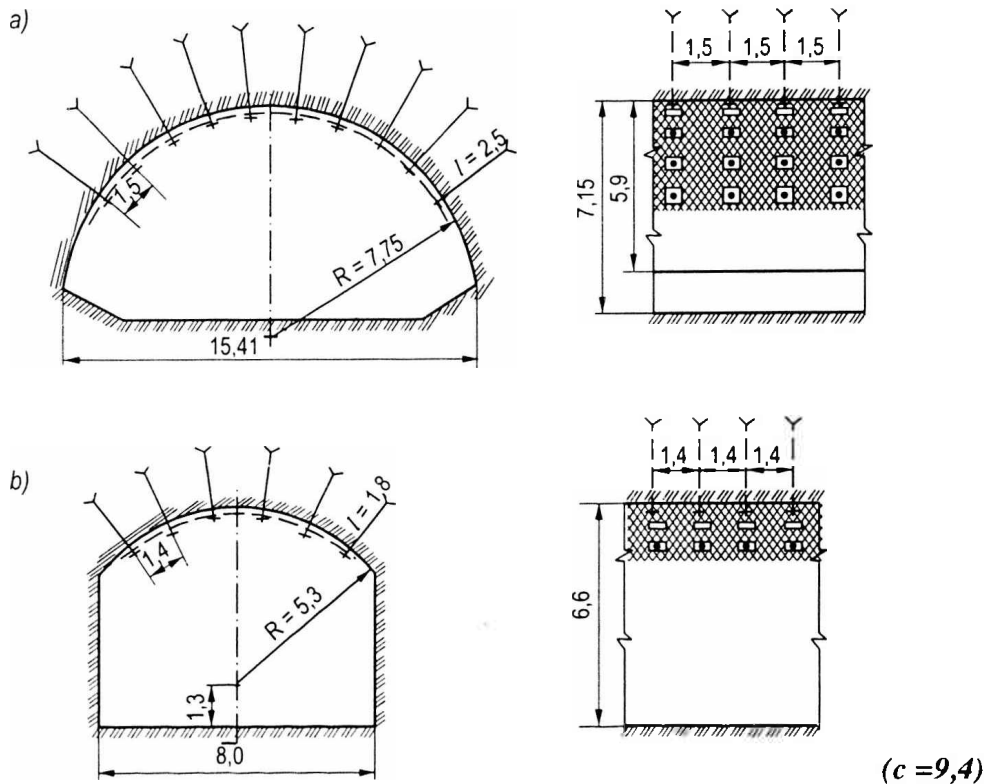
trong đó:  $P_a$  - độ bền gia cố của đầu neo, kN;

$\rho_n$  - dung trọng của đất,  $\text{t/m}^3$ ;

$h_n$  - chiều sâu vùng phá hoại, m;

$g$  - gia tốc trọng trường,  $\text{m/s}^2$ .

Trên cơ sở tính toán tiến hành lập hộ chiếu gia cố (chống đỡ tạm) hang, trong đó có sơ đồ đặt neo, chiều dài neo và bước neo theo các phương (xem ví dụ trên hình 5.7).

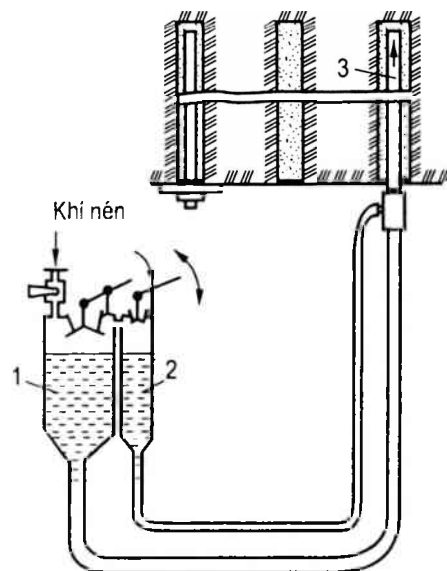


**Hình 5.7:** Hệ chiều gia cố hang bằng neo và lưới thép  
a) Phần trên hang; b) Cho hầm nhịp 8m

Trong những hang ngầm chiều cao hang  $\leq 3\text{m}$ , việc lắp đặt vì chống neo được tiến hành từ đáy hang. Khi chiều cao hang lớn hơn 3m thì đặt neo được tiến hành nhờ giá di động hoặc thiết bị nâng có sàn công tác.

Việc khoan lỗ neo có thể dùng máy khoan tay thông thường đặt trên giá đỡ khí nén hoặc giá đỡ co rút được. Đối với các neo thẳng đứng chủ yếu dùng máy khoan có tay búa hoặc khung khoan. Ngày nay các nước có ngành công nghiệp mỏ phát triển đều sản xuất các loại máy khoan có khả năng khoan lỗ neo một cách thuận lợi.

Việc ép vữa vào lỗ là một thành phần quan trọng của công nghệ đặt neo. Để làm được khâu này người ta dùng các thiết bị chuyên dụng. Sơ đồ nguyên tắc của thiết bị này như trên hình 5.8. Dùng thiết bị này với ba người có thể đặt 30 - 40 neo trong một ca làm việc. Để rút ngắn thời gian chu kỳ đào, quá trình đặt neo thường tiến hành song song với công tác khoan gương đôi khi song song với cả công tác thải đá.



**Hình 5.8:** Máy ép để đặt  
neo bê tông cốt thép  
1. bình chứa vữa xi măng cát;  
2. thùng chứa phụ gia đông kết nhanh;  
3. ống ép vữa

#### §4. VÌ CHỐNG BÊTÔNG PHUN

Bê tông phun được ứng dụng rộng rãi trong xây dựng ngầm để gia cố tạm và làm vỏ vĩnh cửu cho công trình. Bê tông phun cũng được dùng để tăng cường cho vì chống ở những vùng áp lực lớn trong tổ hợp của bê tông phun với neo, vì chống vòm và để chống phong hoá cho khối đá.

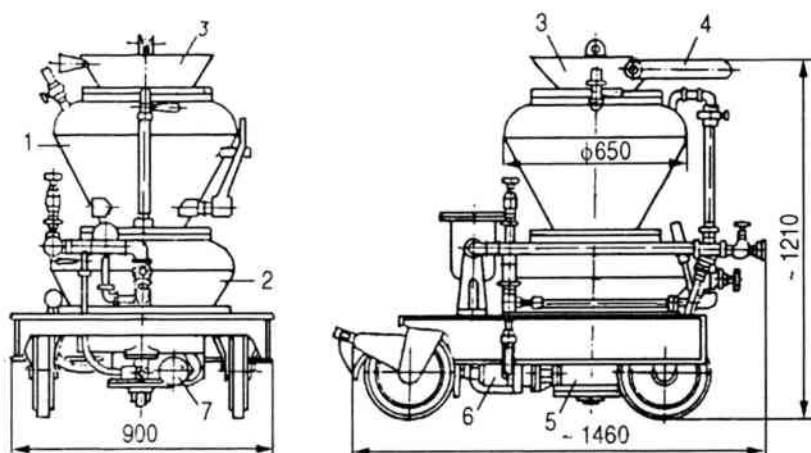
Ở Liên Xô (cũ) những công trình gia cố bằng bê tông phun lần đầu tiên tiến hành vào năm 1959 trên công trường xây dựng nhà máy thuỷ điện Khrumx đợt II. Trong một khoảng thời gian ngắn ở Liên Xô (cũ) đã thi công và đưa vào khai thác thành công hàng chục hầm và các hang ngầm kích thước lớn có sử dụng bê tông phun.

Bê tông được phun bằng máy chuyên dụng vận hành chủ yếu bằng khí nén. Vữa được chuyển đến đầu phun bằng ống mềm. Ở đầu phun hỗn hợp vữa khô được trộn với nước rồi phun lên vách để phủ bề mặt hang.

Máy để phun bê tông theo nguyên tắc cấp hỗn hợp vữa khô được chia làm ba loại: loại buồng, loại tang có van và loại dạng khe. Trong thực tế dùng phổ biến là loại buồng. Loại buồng lại có loại một buồng (БМ-60П) và loại hai buồng (БМ-60П, ББ-66). Đặc tính kỹ thuật của các loại máy phun bê tông do Liên Xô sản xuất có thể tham khảo bảng 5.2.

**Bảng 5.2.**

Các chỉ tiêu	Các loại máy phun bê tông do Liên Xô (cũ) sản xuất							
	C-320	ПБМ	БМ-60П	ББ-66	БМ-60	БМС-3М	БМ-68	БМ-70
Năng suất tính theo vữa khô, m <sup>3</sup> /h	1,5	4	3-4	4	4	4	5-6	5-6
Khoảng cách cấp vữa, m	30	300	200	200	200	25	250	200
Chiều cao cấp vữa, m	-	-	30	50	100	10	100	50
Độ lớn giới hạn của cốt liệu, mm	8	-	25	25	25	30	25	30
Lượng tiêu hao khí nén, m <sup>3</sup> /ph	≤ 5	-	12-15	8-10	8-14	16	9	10
Loại động cơ	Điện	Điện	Khí nén	Điện	Điện	Khí nén	Điện	Điện
Công suất động cơ, kW	4,5	20	3	3	3	10	5,5	15
Kích thước cơ bản, mm								
dài	1500	1310	1700	1600	1740	1435	1450	3400
rộng	1000	1320	1100	1200	1100	1435	850	1080
cao	1550	1780	1600	2500	1600	3680	1680	2300
Trọng lượng máy, kg	850		1000	2800	1000	4250	850	4500
Loại máy	Có cửa van	Loại khe		Loại buồng			Có trống dưng cửa van	

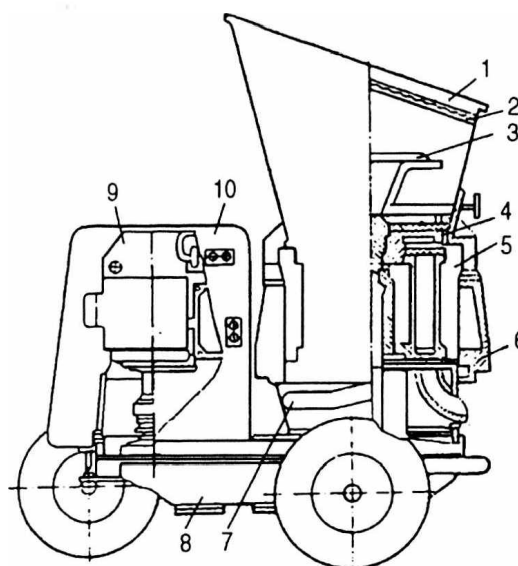


**Hình 5.9:** Máy phun bê tông dạng hai buồng

Máy phun bê tông hai buồng (hình 5.9) gồm có một buồng trên 1 và buồng dưới 2, bố trí chồng lên nhau được đẩy bằng van nón 3 có trang bị hệ đòn bẩy điều khiển 4. Trong buồng dưới là bộ phận nhào trộn dạng đĩa 5 để cấp vữa khô vào nút ra. Bộ phận trộn quay bằng một động cơ khí nén 6 qua hộp số xilanh xoắn. Để bảo vệ động cơ khỏi quá tải người ta tạo một khe nối gắn với bộ phận trộn qua một trục. Khi bị kẹt thì nó được cắt ra. Từ ngăn ra vữa khô được đưa vào ống mềm qua một ống nối 7. Tiếp theo vữa qua ống mềm đến đầu phun.

Việc tạo hai buồng là để đảm bảo cho máy làm việc liên tục. Tuy nhiên, kích thước lớn và đặc biệt là chiều cao lớn đã làm hạn chế sự áp dụng của máy trong những hang kích thước nhỏ.

Các máy dạng buồng có van (hình 5.10) có công suất cao hơn. Bộ phận làm việc có dạng buồng hình trống theo phương đứng với các ô hình trụ. Ngăn hình trống được đẩy một đầu trên bằng nắp 4 có gioăng cao su. Nguyên tắc làm việc của máy như sau: hỗn hợp vữa khô được đưa vào một phễu hỏ 1 của máy qua sàng 2 và một bộ khuấy 3 rồi rơi vào các ngăn van của buồng hình trống 5. Khi xoay buồng 5 có các ô chứa vữa khô thì các ngăn sẽ rơi vào (trùng với) các lỗ của sổ ở nắp dưới của bộ phận phân phối 6. Qua cửa sổ này vữa khô sẽ chịu áp lực của khí nén để chui vào ngăn làm việc sau đó vào ống mềm 7.



**Hình 5.10:** Máy phun bê tông BM - 68

1. thùng chứa vữa khô; 2. sàng; 3. cánh trộn; 4. nắp đẩy bọc cao su; 5. thùng có ô ngăn dạng van; 6. bộ phận phân phối; 7. ống dẫn vữa khô; 8. khung máy; 9. động cơ điện; 10. vỏ bảo vệ (Liên Xô cũ chế tạo).

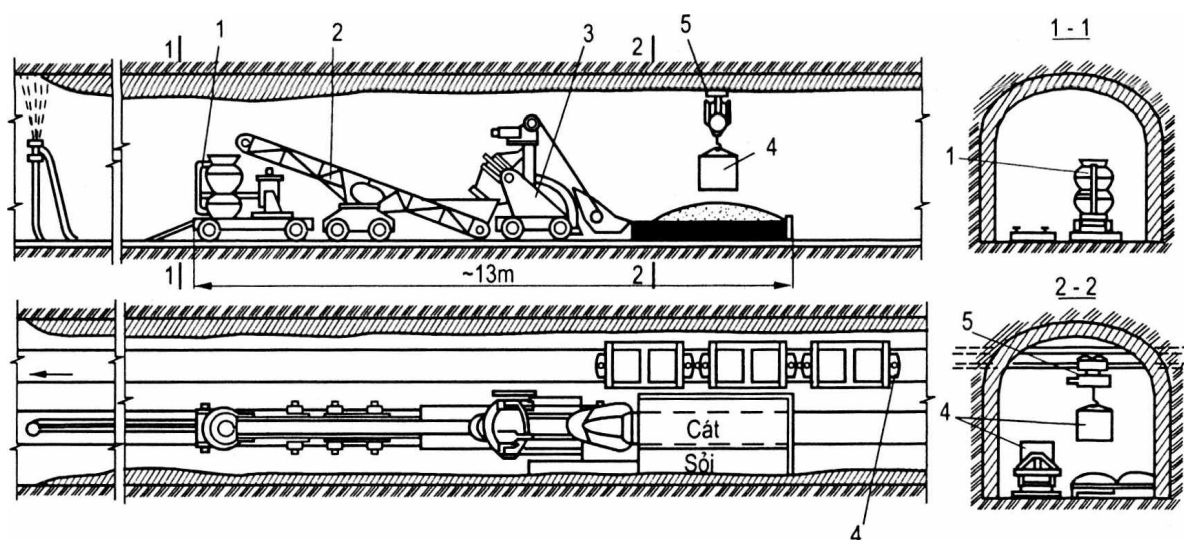
Bộ phận làm việc và động cơ điện 9 được bảo vệ bằng vỏ 10 đặt trên khung máy (8). Ưu điểm của máy có buồng dạng trống xoay có ngăn (BM-68. C320)... là kích thước gọn, đơn giản trong vận hành và làm việc liên tục. Nhược điểm là mòn đệm cao su nhanh và công suất lớn.

Lượng nước để làm ướt bê tông phun được điều chỉnh bằng một van ở đầu phun. Chiều dày lớp phun được kiểm tra bằng các móc định vị là những thanh thép dài 15-20cm gắn vào các khe nứt. Giá trị của N/X từ 0,4 đến 0,5.

Lượng vữa phản xạ tùy thuộc vào trạng thái và công tác chuẩn bị bề mặt phun (vách hang), cũng phụ thuộc khá nhiều vào áp lực phun và góc nghiêng của đầu phun so với mặt hang. Thông thường ở phần tường vào khoảng 10 - 15%, phần vòm là 20 - 25%. Để làm cốt liệu cho bê tông phun người ta dùng cát, sỏi và hỗn hợp cát sỏi đáp ứng các yêu cầu trong quy phạm.

Tổ hợp một thiết bị phun (máy trộn hỗn hợp khô, thiết bị cấp vật liệu và máy phun) tùy thuộc vào kích thước hang.

Trong những hang tiết diện nhỏ, chiều cao  $\leq 4\text{m}$  thì dùng sơ đồ không cần máy nâng như trên hình 5.11. Khi chiều cao hang  $\geq 5\text{m}$  thì nên dùng sơ đồ bố trí thiết bị theo chiều cao (hình 5.12).

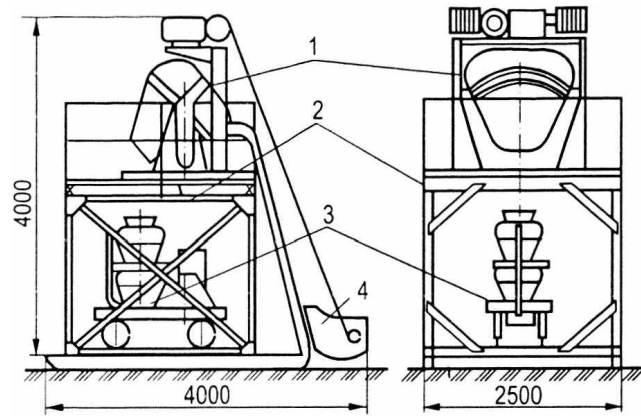


**Hình 5.11:** Bố trí thiết bị để phun bê tông

1. máy phun bê tông; 2. băng tải; 3. ben chứa bê tông;  
4. thùng chứa; 5. tời để phân phối vật liệu.

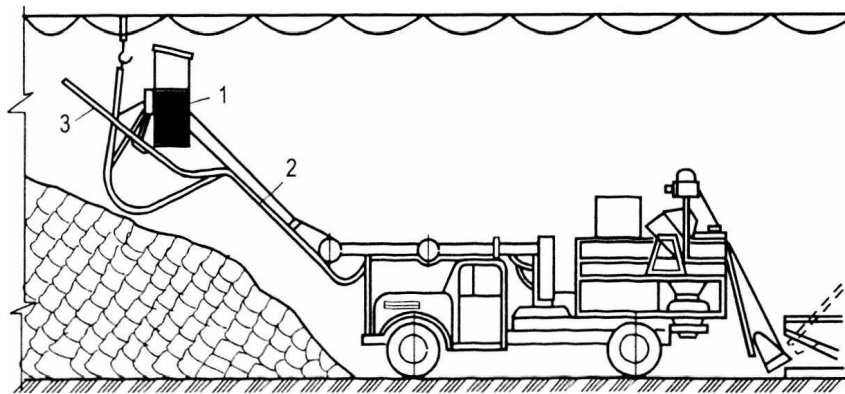
Trong những hang rộng cho phép sử dụng giao thông không ray (ôtô) các thiết bị có thể lắp đặt trên ôtô (hình 5.13).

Việc tổ chức công tác phun bê tông phụ thuộc vào tiết diện hang, trình tự thực hiện các công đoạn trong chu trình đào và tổ chức vận chuyển các vật liệu thành phần của bê tông phun.



**Hình 5.12:** Sơ đồ bố trí thiết bị theo chiều cao

1. máy trộn bê tông; 2. khung kim loại di động; 3. máy phun bê tông; 4. ben nâng hạ để cấp vật liệu.



**Hình 5.13:** Thiết bị cơ giới để phun bê tông

1. thiết bị cho người phun cùng với bộ điều khiển tay nâng; 2. tay nâng; 3. ống có đầu phun ở cuối

Trong các loại đá yếu không ổn định, bê tông được phun ngay sau khi đào hang. Khi đã có bê tông phun bảo vệ mới tiến hành xúc đá và các công đoạn khác của chu trình đào.

Các công việc của quá trình phun bê tông bao gồm: chuẩn bị bề mặt để phun, chế tạo hỗn hợp vữa phun, phun và bảo dưỡng đoạn đã phun. Trước khi bắt đầu các công việc tiến hành chọc đá om cẩn thận bề mặt, rửa bề mặt bằng nước, thổi khô bề mặt bằng khí nén, bật máy và tiến hành phun. Việc phun bê tông bắt đầu từ tường sau đó lên vòm để khép kín tiết diện phun. Lớp đầu tiên không nên vượt quá 5 - 7cm. Các lớp tiếp theo phun sau lớp trước 15-20 phút. Việc bảo dưỡng lớp bê tông phun tiến hành bằng cách phun nước lên bề mặt lớp bê tông phun để tránh rạn nứt lớp này. Trong điều kiện ngầm đặc trưng bởi độ ẩm lớn (80 - 90%) và nhiệt độ không đổi, tạo nên những điều kiện thuận lợi cho quá trình đông cứng và tăng độ bền của bê tông phun. Đôi khi không cần phải bảo dưỡng bê tông phun ở trong hầm.

Thời gian cần thiết để phun bê tông cho một bước đào có thể tính theo công thức:

$$T = t_1 + t_2 \quad (5.12)$$

trong đó:  $t_1$  - thời gian chuẩn bị mặt để phun. Tùy thuộc vào kích thước hang  $t_1 \cong 10 \div 20$  ph.

$t_2$  - thời gian phun bê tông, ph

$$t_2 = \frac{60 F h_{ph} k_c k_o}{P_{kt} k_t r} \quad (5.13)$$

trong đó:

$F$  - diện tích cần gia cố bằng bê tông phun,  $m^2$ ;

$h_{ph}$  - chiều dày tính toán của lớp phun, m;

$r$  - hệ số thoát ra của bê tông phun,  $r = 0,69$ ;

$P_{kt}$  - năng suất kỹ thuật của máy phun bê tông,  $m^3/h$  vừa khô;

$k_c$  - hệ số xét đến phương pháp đào hang, khi đào bằng máy đào liên hợp

$k_c = 1,0 \div 1,05$ , khi khoan nổ mìn có áp dụng công nghệ nổ mìn tạo biên  $k_c = 1,1$ , nổ mìn thường  $k_c = 1,1 \div 1,3$ ;

$k_t$  - hệ số sử dụng thời gian của máy phun,  $k_t = 0,7 \div 0,8$ ;

$k_o$  - hệ số xét đến lượng bê tông rơi vãi khi phun  $k_o = 1,15 \div 1,25$ .

Khi đào hang ngầm trong những vùng có nhiệt độ âm, thì trong thành phần bê tông phun có đưa vào 2% chất phlorít natri và 8 - 10% bã giấy.

Để phun bê tông có thể dùng xi măng pooc lăng, xi măng puzolan với hàm lượng 300 - 350  $kg/m^3$  vừa khô. Trong những điều kiện địa chất phức tạp có thể áp dụng bê tông phun tổ hợp với neo và lưới thép, còn trong những điều kiện đặc biệt thì tổ hợp với neo và vòm thép.

Trong những năm sau này để giảm bụi và giảm công đoạn chế tạo vữa phun ở trong hầm người ta sử dụng phương pháp phun ướt phổ biến hơn. Khi sử dụng phương pháp phun ướt vữa bê tông được chế tạo ở trạm trộn và được cấp đến máy phun. Máy phun bê tông theo phương pháp ướt, về nguyên tắc, không khác gì máy phun theo phương pháp khô. Đa số máy phun bê tông hiện nay đều phun được cả theo phương pháp khô và ướt. Các quy định kỹ thuật khi phun ướt, ngoài các quy định như phương pháp phun khô nêu trên, còn phải tuân theo các quy định trong thi công bê tông toàn khối đổ tại chỗ.



## Chương 6

# XÂY DỰNG VỎ HẦM

### §1. CÔNG TÁC VÁN KHUÔN

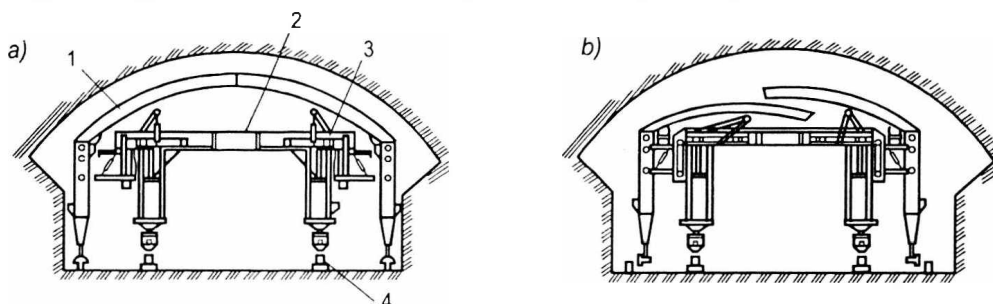
Vỏ hầm vĩnh cửu bê tông toàn khối (kể cả bê tông cốt thép) ngày nay là kết cấu chủ yếu cho công trình ngầm. Trong thực tế xây dựng ngầm hiện nay việc xây dựng vỏ hầm bê tông và bê tông cốt thép toàn khối được thực hiện chủ yếu bằng phương pháp đổ bê tông dẻo (độ sụt 6 - 8cm) vào sau ván khuôn. Ván khuôn cơ bản là ván khuôn lắp ghép và ván khuôn di động. Sau đó bê tông được đầm chặt.

Ván khuôn là kết cấu chuyên dụng, đảm bảo nghiêm ngặt hình dạng cần thiết, phù hợp với dạng hình học thiết kế của khuôn trong vỏ hầm. Trong xây dựng hầm thuỷ lợi người ta dùng chủ yếu là ván khuôn chế sẵn và ván khuôn di động đã được cơ giới hoá, trừ những đoạn gần cửa và những đoạn chuyển tiếp phức tạp.

Ván khuôn lắp ghép được ghép nối từ những mảnh chế sẵn ở trong xưởng và sử dụng nhiều lần. Loại ván khuôn này là tài sản cố định của đơn vị thi công, được khấu hao dần như các thiết bị thi công khác.

Các phần chính của ván khuôn là giá vòm và phần tấm bọc được chế tạo bằng thép và quay vòng sử dụng đến 30 lần. Việc lắp ráp các bộ phận ván khuôn nhờ thiết bị cẩu lắp (cần cẩu). Độ bền của phần giá vòm và tấm bọc xác định bằng tính toán với tải trọng của bê tông tươi. Các chi tiết của giá vòm và ván khuôn thường không tính đến áp lực đất. Độ chính xác của việc lắp đặt ván khuôn được kiểm tra bằng số liệu đo đạc do đội trắc địa hầm tiến hành.

Nhược điểm của loại ván khuôn lắp ghép là tốc độ đổ bê tông không cao (30 - 40 m/tháng) và thi công thường khó khăn hơn khi dùng ván khuôn di động.



**Hình 6.1:** Ván khuôn di động để thi công vỏ hầm

a) Ở tư thế chuẩn bị đổ bê tông; b) Ở tư thế di chuyển;

1. ván khuôn; 2. xe di chuyển ván khuôn; 3. tay nâng hạ; 4. đường ray.

Khi xây dựng hầm tiết diện lớn hơn  $30 - 35\text{m}^2$  phổ biến hơn cả là dùng ván khuôn di động cơ giới hoá gồm các bộ phận nối với nhau bằng khớp (hình 6.1).

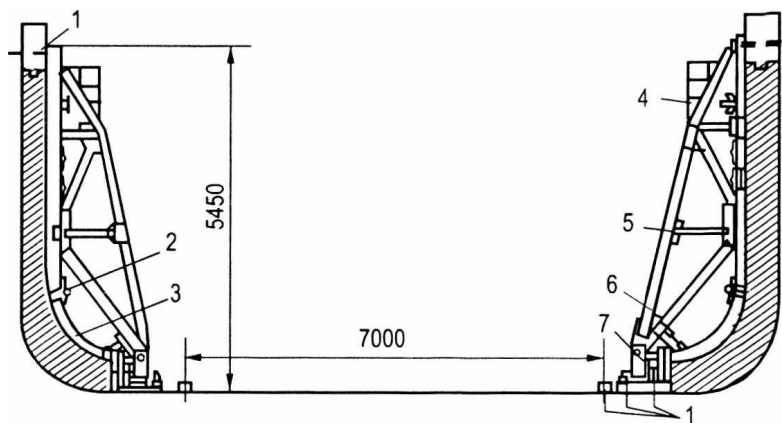
Cấu tạo của ván khuôn di động thường bao gồm một xe mang dạng cổng và bộ phận ván khuôn có nhiều phần nối với nhau bằng khớp thành từng đốt dài 6-8m có trang bị các kích để giữ và nâng hạ. Xe mang có thể tự hành hoặc không tự hành. Trường hợp không tự hành thì khi di chuyển phải dùng đầu kéo hoặc tời kéo. Các xe mang nặng thường di chuyển trong hầm trên ray. Việc lắp dựng các đốt ván khuôn được thực hiện theo trình tự sau đây: xe mang chui vào dưới đốt ván khuôn rồi chốt vào ván khuôn. Việc tháo ván khuôn ra khỏi khối đổ được thực hiện bằng các kích. Sau khi thu nhỏ phần ván khuôn nhờ việc tháo một vài chốt rồi hạ phần trên xuống, thì xe mang di chuyển ván khuôn đến vị trí mới. Để dựng ván khuôn cũng bằng những động tác như vậy nhưng theo trình tự ngược lại. Sau khi lắp dựng ván khuôn xong xe mang có thể đem dùng vào việc khác. Mỗi xe mang thường phục vụ cho ba đốt ván khuôn: một khối đang đổ bê tông, một khối giữ bê tông đã đổ xong và một đốt ở trạng thái di chuyển.

Các ván khuôn cơ giới hoá như khảo sát ở trên đã áp dụng có hiệu quả trong xây dựng vỏ hầm của nhà máy thuỷ điện Hoà Bình, một loạt hầm khác ở Liên Xô (cũ) và các nước khác. Ngày nay nó được sử dụng phổ biến trên các công trường xây dựng hầm ở Việt Nam.

Ván khuôn có kết cấu như trên áp dụng để đổ bê tông cả phần vòm và phần tường đối với các hầm tiết diện trung bình và phần trên của hầm tiết diện lớn. Khi xây dựng vỏ của những hầm tiết diện  $\leq 70\text{m}^2$  người ta còn sử dụng các ván khuôn cơ giới hoá dạng tự bước.

Trong xây dựng hầm người ta còn dùng ván khuôn cơ giới hoá theo kiểu "chubin" lắp ghép từ những khối đúc sẵn hoặc gia công theo kiểu hàn dạng "chubin" rồi lắp ghép với nhau thành đốt như kiểu vỏ hầm lắp ghép. Loại này có khả năng chịu lực rất lớn, nên thường dùng để xây dựng vỏ hầm bê tông hoặc bê tông cốt thép có chiều dày từ 1,0 đến 1,5m. Việc tổ hợp và tháo dỡ các ván khuôn loại này phải dùng thiết bị chuyên dụng.

Khi đổ bê tông vỏ của tường tầng dưới, kết cấu ván khuôn được quyết định căn cứ vào chiều cao của nó. Khi chiều cao bậc  $\leq 3 - 3,5\text{m}$  người ta dùng ván khuôn



**Hình 6.2:** Ván khuôn để đổ bê tông phần tường

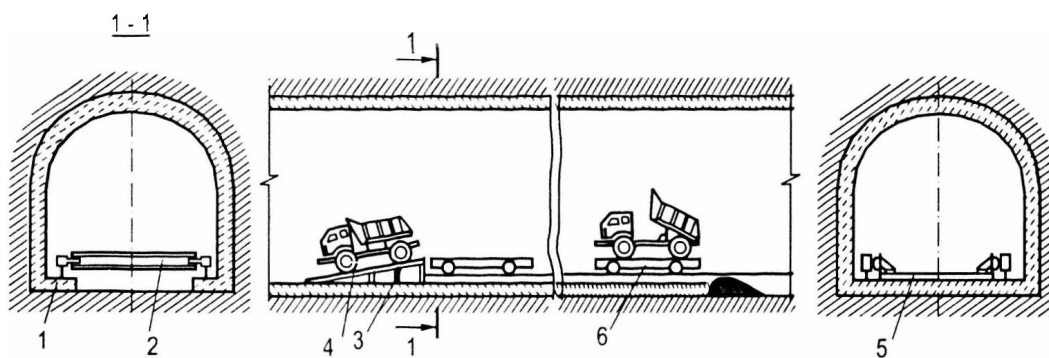
1. neo để lắp ráp; 2. khớp; 3. côngxon có thể gấp được;
4. cửa để đổ và đầm bê tông; 5. giàn chịu lực;
6. tầngdơ; 7. chân đế.

thép chế sẵn, gia cố bằng các cột khung (giá vòm) lắp ráp nhờ các neo đặt sẵn trong vách hầm. Khi chiều cao lớn hơn 4m, người ta thường sử dụng ván khuôn di động trên ray. Xe mang cũng giống như xe mang để đổ bê tông phần trên. Mỗi xe phục vụ 3 đốt ván khuôn. Tuy nhiên tùy thuộc vào bề rộng hầm xe mang có thể mang ván khuôn cả hai vách một lúc hoặc từng vách một. Kết cấu của ván khuôn tương tự như trên hình 6.2.

Tốc độ đổ bê tông khi sử dụng ván khuôn cơ giới hoá trong thực tế đạt đến 80m/tháng hoặc lớn hơn.

Việc đổ bê tông đáy được tiến hành vào giai đoạn cuối cùng. Có thể dùng hoặc không dùng ván khuôn tùy thuộc vào chiều dày và hình dạng của đáy hầm. Đổ bê tông đáy thường tiến hành gạt lùi từ giữa hầm ra cửa để tránh hiện tượng vận chuyển trên mặt bê tông tươi. Trong hầm tiết diện  $\leq 30-35\text{m}^2$  việc cấp bê tông thường dùng goòng có đầu mở được chạy trên cầu cạn để đổ bê tông vào khối đổ. Việc san phẳng bê tông dùng một khung chuẩn có gắn đầm mặt kết hợp với đầm sâu.

Trong những hầm tiết diện lớn người ta dùng sơ đồ tương tự như nêu trên hình 6.3 và cấp bê tông bằng ô tô tự đổ. Tuy nhiên, khi nhịp hang khá lớn người ta dùng phễu đổ bê tông đặt trên một cầu cạn di chuyển được theo phương ngang hầm. Việc di chuyển cầu cạn dọc hang bằng cách dùng tời hoặc các phương tiện khác.



**Hình 6.3:** Đổ bê tông phần đáy hầm

1. đường ray; 2. xe di chuyển; 3. dầm kê; 4. xe ô tô tự đổ; 5. dầm rung;  
6. xe để dịch chuyển ô tô trên cốt thép

## §2. CÔNG TÁC CỐT THÉP VÀ ĐỔ BÊ TÔNG

Việc lắp đặt cốt thép trong các hang ngầm (đặc biệt là vỏ hầm thuỷ lợi thường là bê tông cốt thép) thường tiến hành bằng các lưới hoặc khung cốt thép chế sẵn ở trên mặt đất. Việc sử dụng thiết bị chuyên dụng hiện đại cho phép chế tạo các chi tiết cốt thép có hình dạng bất kỳ. Lưới hoặc khung cốt thép đưa vào trong hang bằng các móc loại nhẹ hoặc bằng toa phẳng chuyên dụng (nếu vận chuyển có ray). Việc đặt khung cốt thép vào vị trí thiết kế bằng thiết bị cầu với sự giám sát của trắc địa hầm. Đặt cốt thép

buộc ở trong hầm chỉ áp dụng khi khối lượng quá bé hoặc khi đường kính cốt thép lớn hơn 30mm. Các chi tiết cốt thép trong khung, cũng như việc chế tạo khung thường dùng hàn điện và phải phù hợp với thiết kế đã được phê duyệt.

Việc đầm bê tông đã đổ vào trong ván khuôn thường là thủ công bằng cách dùng các loại đầm sâu thích hợp có dây mềm và đưa vào khối đổ qua các cửa sổ chờ sẵn trong ván khuôn. Vị trí của các cửa sổ phải tính toán sao cho để đảm bảo đầm chất lượng khối bê tông tươi trong ván khuôn. Chiều dày của một lớp đầm không vượt 30-40cm. Đầm bàn chỉ sử dụng khi đầm bê tông ở đáy hang.

Khi xây dựng các hầm nằm ngang thường sử dụng bơm bê tông. Bơm bê tông có thể là bơm kiểu pistông hoặc bơm khí nén. Ở Việt Nam các loại bơm khí nén ít được sử dụng.

Theo cấu tạo, bơm được chia thành bơm pistông, bơm rôto và bơm kiểu buồng có ngăn. Phổ biến hơn cả là bơm kiểu pistông với động cơ thủy lực hoặc cơ khí. Khi làm việc liên tục thì đường ống dẫn bê tông ở sau bơm lúc nào cũng đầy bê tông và cấp vào sau ván khuôn một cách đều đặn. Bê tông khi dùng bơm phải có độ dẻo và tính đồng nhất cao, không phân tầng khi di chuyển trong ống. Điều đó thường đạt được bằng cách đưa vào bê tông các phụ gia hoá dẻo (như bentônít, CCB v.v...)

Việc cấp hỗn hợp bê tông vào bơm thường qua một phễu đặt ngay trên thân bơm. Bê tông cấp vào phễu từ các thiết bị vận chuyển qua các thiết bị chứa đặt trên cầu cạm hoặc ở dạng ben nâng hạ được. Yêu cầu cơ bản đối với công tác đổ bê tông là phải liên tục, đều đặn. Ngày nay trong xây dựng nói chung, trong xây dựng ngầm nói riêng người ta đã sản xuất các loại bơm có chất lượng cao, hoạt động liên tục đáp ứng được các yêu cầu trên. Tuy nhiên, cần phải nói thêm là ở nước ta công nghệ đổ bê tông bằng bơm mới được áp dụng, song đã có những kết quả đáng mừng.

Ở nhiều nước trên thế giới việc dùng các thiết bị cấp bê tông vào khối đổ trong hầm bằng cách dùng các thiết bị bơm kiểu khí nén rất có hiệu quả (hình 6.4). Sau khi cấp bê tông vào thùng chứa hình chuông thì tiến hành đưa khí nén vào bình. Dưới áp lực, hỗn hợp bê tông đẩy vào đường ống và đến khối đổ. Sơ đồ của thiết bị đổ bê tông bằng khí nén như trên hình 6.4.

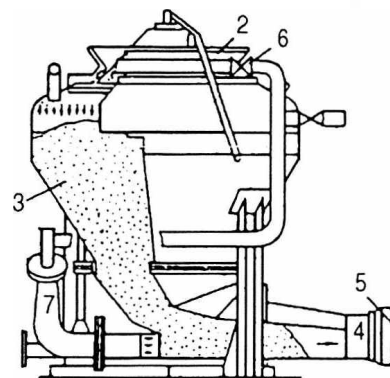
Năng suất kỹ thuật của bơm khí nén

$$P_T = W_p \cdot n \quad \text{m}^3/\text{h} \quad (6.1)$$

trong đó:

$W_p$  - thể tích hữu ích của thùng chứa,  $\text{m}^3$ ;

$n$  - số chu kỳ đổ trong 1 giờ.



**Hình 6.4:** Máy bơm bê tông khí nén

1. thân máy; 2. phễu nhận vật liệu;
3. hỗn hợp bê tông; 4. ống ra;
5. bình tích nối; 6. van khí nén;
7. ống cấp khí nén để đẩy bê tông

$$n = \frac{3600}{t_z + \frac{L}{v}} \quad (6.2)$$

ở đây:  $t_z$  - thời gian cấp bê tông vào thiết bị  $t_z = 90 \div 120$ s;

$L$  - khoảng cách chuyển bê tông đến chỗ đổ, m;

$v$  - tốc độ di chuyển của bê tông ở trong ống, m/s.

$$v = 1 \div 3 \text{ m/s.}$$

Năng suất khai thác các thiết bị đổ bê tông bằng khí nén:

$$P = P_r \cdot k_u, \text{ m}^3/\text{h} \quad (6.3)$$

trong đó:  $k_u$  - hệ số sử dụng thiết bị,  $k_u = 0,55 \div 0,65$ .

Đặc tính kỹ thuật của một số loại thiết bị đổ bê tông dùng khí nén có thể tham khảo trong bảng 6.1.

**Bảng 6.1**

Các chỉ tiêu	ПБУ-300	ПБУ-500	ПБУ-800
Năng suất kỹ thuật, m <sup>3</sup> /h	6	15	20
Dung tích có ích, lít	300	500	800
Bơm xa theo phương ngang, m	200	200	200
Độ lớn của cốt liệu, mm	45	45	60
Áp lực làm việc, MPa	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8

Để nâng cao năng suất của các thiết bị hoạt động mang tính chu kỳ người ta thường tổ hợp hai thiết bị thành một thiết bị chung gọi là tổ hợp thiết bị. Việc sử dụng tổ hợp thiết bị sẽ đảm bảo cho công tác đổ bê tông liên tục.

Tính đơn giản về cấu tạo và độ tin cậy cao trong khai thác đã làm cho các thiết bị đổ bê tông bằng khí nén có được sự áp dụng rộng rãi trong xây dựng ngầm. Nhược điểm cơ bản của thiết bị này là dễ phân tầng bê tông trong khi dịch chuyển trong dòng khí nén ở trong ống và bê tông thường có chấn động lớn khi vào khối đổ sau ván khuôn. Để khắc phục nhược điểm này người ta thường đưa vào đầu ống một thiết bị giảm năng và đầm kỹ bê tông trong khối đổ.

Trong hầm nhỏ có thể dùng máy phun bê tông loại БМ-68(у) hoạt động liên tục để cấp bê tông vào khối đổ với cự ly đến 120m, năng suất 3-3,5m<sup>3</sup>/h.

### §3. TÍNH TOÁN CÁC THÔNG SỐ ĐỔ BÊ TÔNG

Với mục đích chọn sơ đồ công nghệ đổ bê tông tối ưu và tổ chức lao động một cách hợp lý ở trong gương, cần phải xác định các thông số cơ bản của công tác đổ bê tông. Phương pháp đổ bê tông được xác định từ các giả thiết (tiêu đề) sau đây:

- Việc đổ bê tông được thực hiện với tốc độ đã xác định (đặt trước) với việc tổ chức lao động theo chu kỳ.

- Nhịp điệu đổ bê tông, chiều dài khối đổ và mỗi đợt ván khuôn bị hạn chế bởi tính hợp lý về công nghệ.

- Việc làm chặt bê tông bằng đầm phải kết thúc trước khi bê tông bắt đầu ninh kết ở hai lớp đổ sau cùng.

Khi tính toán giả thiết là đã biết các kích thước hầm; lượng tiêu hao bê tông cho 1m chiều dài hầm có xét đến cả đào vượt; trắc dọc hầm; tính chất công nghệ của hỗn hợp bê tông. Tốc độ đổ bê tông được giả thiết từ điều kiện tiến hành song song công tác đào và công tác bê tông. Chiều dày lớp đổ lấy từ 0,3 đến 0,4m.

Việc tính toán tiến hành theo trình tự sau:

- Xác định chiều dài khối đổ bê tông, ở đây tiến hành đồng thời các công việc của quá trình đổ bê tông vô hầm.

$$L = (6 \div 7)t_{ca} \frac{V_b}{lg V_b}, m \quad (6.4)$$

trong đó:  $t_{ca}$  - thời gian ca làm việc, ngày;

$V_b$  - tốc độ đổ bê tông, m/ngày đêm.

Xác định thời gian của một chu kỳ đổ bê tông

$$t_{ck} = \frac{L}{V_b}, h \quad (6.5)$$

trong đó:  $V_b$  - tốc độ đổ bê tông, m/h.

Thời gian chu kỳ  $t_{ck}$  lấy là bội số của thời gian ca làm việc (thường đối với hầm là 6h). Để làm việc này thường phải hiệu chỉnh chiều dài  $L$  cho phù hợp. Khi sử dụng ván khuôn cơ giới hoá có chiều dài mỗi đợt sẽ là:

$$l_c = \frac{L}{n}, m \quad (6.6)$$

trong đó:  $l_c$  - chiều dài một đợt ván khuôn, m;

$n$  - số đợt trong một đoạn khối đổ.

Đối với ván khuôn một đợt ( $n = 1$ ); thì  $30 \geq l_c \geq 10$  đối với ván khuôn nhiều đợt  $n = 1, 2 \dots 5, 6$ ; thì  $10 \geq l_c \geq 2m$ .

Thời gian thực hiện tất cả các công đoạn thành phần của một chu kỳ ( $t_i$ ) xác định có xét đến loại ván khuôn:

- Đối với ván khuôn lắp ghép

$$t_i = t_{az}, \text{ giờ} \quad (6.7)$$

trong đó:  $t_{az}$  - thời gian chuẩn bị và kết thúc các quá trình, giờ.

- Đối với ván khuôn cơ giới hoá:

$$t_1 = m \frac{l_c}{V_o} + t_{az} \quad (6.8)$$

trong đó:  $m$  - tỷ số của chiều dài khối đổ và chiều dài đốt;

$V_o$  - tốc độ di chuyển cốp pha:

$$V_o = (0,8 \div 1,0) \lg l_c, \text{ m/h} \quad (6.9)$$

- Đối với ván khuôn cơ giới hoá một đốt

$$t_1'' = \frac{l_c}{V_o} + t_b + t_{az}, \text{ h} \quad (6.10)$$

trong đó:  $t_b$  - thời gian giữ bê tông trong ván khuôn, h.

$$V_o = (3,0 \div 4,0) \lg l_c$$

$$t_{az} = \sqrt{S_b} \tau$$

ở đây:  $\tau$  - chỉ tiêu chi phí thời gian đơn vị cho việc chuẩn bị và kết thúc một công đoạn  $\tau = 0,6 \div 1,2 \text{ h/m}$ ;

$S_b$  - diện tích tiết diện ngang của vỏ đổ bê tông,  $\text{m}^2$ .

- Xác định năng suất đổ bê tông:

$$P_y = \frac{S_b V_b}{1 - \frac{t_1 V_b}{L}}, \text{ m}^3/\text{h} \quad (6.13)$$

- Thời gian đổ bê tông:

$$t_y = \frac{S_b L}{P_y}, \text{ h} \quad (6.14)$$

- Thời gian di chuyển cốp pha:

$$t_{cp} = \frac{L}{V_o} \quad (6.15)$$

- Chiều dài một đoạn cốp pha

$$L_{cp} = l_b + L$$

trong đó:  $l_b$  - chiều dài của đoạn giữ bê tông trong cốp pha song song với quá trình đổ bê tông, m;

$l_b$  - xác định phụ thuộc vào loại cốp pha được sử dụng khi thi công với cốp pha cơ giới hoá dạng một đốt  $l_b = 0$  bởi vì  $L = l_c$  và  $L_{cp} = l_c$ ; khi dùng ván khuôn lắp ghép  $l_b = t_b V_b$  và do đó:

$$L_{cp} = t_b V_b + L \quad (6.16)$$

Khi sử dụng ván khuôn cơ giới hoá dạng nhiều đốt, chiều dài của một bộ cốp pha được làm chính xác xuất phát từ khả năng sử dụng một số đốt biểu thị bằng một số nguyên. Trong trường hợp này số đốt  $n$  được lấy:

$$n = \frac{l}{l_c} (t_b V_b + L) \quad (6.17)$$

#### §4. CÔNG TÁC XI MĂNG HÓA

Sau khi xây dựng xong vỏ hầm bao giờ cũng phải tiến hành công tác xi măng hoá lấp đầy khoảng trống sau vỏ hầm (trừ vỏ hầm bê tông nén và bê tông phun). Công tác xi măng hoá được tiến hành qua các lỗ khoan hoặc lỗ chừa sẵn trong vỏ hầm.

Dọc theo hàng các lỗ khoan xi măng hoá bố trí thành từng hàng trong mặt phẳng vuông góc với trục hầm. Trong đá nứt nẻ khoảng cách giữa các hàng lấy từ 1,5 đến 3,0m. Số lượng lỗ khoan trong một hàng thẳng đứng sơ bộ có thể lấy theo bảng 6.2.

**Bảng 6.2.**

Đường kính hầm (m)	Số lượng lỗ khoan trong mặt cắt ngang (lỗ)	Bước của lỗ khoan theo chiều dài hầm (m)
5	3 và 4	2,5
6	3 và 4	3,0
7	3 và 4	4,5
8	4 và 5	4,0
9 - 12	5 và 6	5 - 6

Khi hầm đi qua các nguồn nước ngầm, vùng chứa nước cũng như ở những chỗ gần bề mặt, khoảng cách giữa các lỗ khoan xi măng hoá cần giảm đi 30-40%.

Vữa được ép theo hướng từ dưới lên trên, tức là bắt đầu từ những lỗ khoan ở phần dưới của hầm cho đến khi lấp đầy các khoảng trống giữa vỏ hầm và địa tầng hoặc vữa không xuất hiện ở lỗ khoan hàng trên. Sau đó ép các lỗ tiếp sau theo chiều cao. Quá trình ép vữa kết thúc ở những lỗ trên đỉnh vòm. Sau một số ngày tiến hành khoan các lỗ ở giữa các hàng để ép kiểm tra. Xi măng hoá lấp đầy được xem như đạt yêu cầu nếu như lượng tiêu hao vữa xi măng đơn thuần tỉ lệ 1:2 với áp lực thiết kế không vượt quá 10 lít sau 5 phút ép. Nếu lượng tiêu hao vữa lớn hơn thì khoan và ép tiếp.

Để xi măng hoá lấp đầy người ta sử dụng vữa có thành phần và độ đặc khác nhau. Lúc đầu khi ép có các khoảng trống lớn sau vỏ hầm thì dùng thành phần 1:2:1 và 1:1:0,7 (xi măng, cát, nước). Giai đoạn cuối để tạo tiếp xúc tốt giữa khối địa tầng và vỏ hầm, sử dụng vữa 1: 0,8 và 1: 0,6 (xi măng: nước).

Thành phần vữa để xi măng hoá gia cố có liên quan đến mức độ nứt nẻ của khối địa tầng và kích thước của khe nứt cần xi măng hoá.



Trong các quy trình kỹ thuật kiến nghị với trị số rộng của các khe nứt khác nhau, người ta sử dụng vữa xi măng với tỷ lệ nước xi măng từ 0,5 đến 10. Phụ thuộc vào độ đông đặc ban đầu của vữa mà lượng tiêu hao vữa đơn vị như ghi trong bảng 6.3. Trong thực tế thường sử dụng các thành phần vữa sau đây: đối với khe nứt nhỏ và trung bình là 1: 0,2; 1:0,4; đối với khe nứt lớn 1:1:2; 1:1:1,5 (X:C:N).

**Bảng 6.3**

Lượng tiêu nước đơn vị của đá cho 1m dài lỗ khoan trước khi xi măng hoá (l/ph)	Độ đậm đặc ban đầu của vữa (N/X)	Lượng tiêu nước ban đầu của đá trước khi xi măng hoá cho 1m lỗ khoan (l/ph)	Độ đậm đặc ban đầu của vữa (N/X)
0,01 - 0,10	10	1,0 - 2,0	2
0,1 - 0,50	5	2,0 - 4,0	1
0,5 - 1,0	3	lớn hơn 4,0	0,5 - 0,8

Việc khoan lỗ để tiến hành công tác xi măng hoá được thực hiện bằng các thiết bị khoan tiêu chuẩn có trang bị các búa khoan loại nặng (ПК-60; ПК-75) với quả đập có khả năng di chuyển dài. Trong những năm gần đây người ta sử dụng rộng rãi để khoan lỗ xi măng hoá các loại máy khoan КБҮ-50 và КБҮ-80 do Liên Xô (cũ) sản xuất. Đặc điểm những loại máy khoan này là có thể khoan lỗ dạng dễ quẹt từ một vị trí đứng máy.

Đường kính của các lỗ khoan xi măng hoá từ 56 đến 76mm tùy thuộc loại thiết bị khoan sử dụng. Trong những trường hợp cá biệt có thể sử dụng lỗ khoan đường kính 105mm để xi măng hoá.

Khi xi măng hoá lấp đầy sau vỏ hầm lỗ khoan được khoan sâu thêm vào khối đá 10 - 15cm. Khi xi măng hoá gia cố thì khoan đến chiều sâu thiết kế. Khi thi công công tác xi măng hoá trong hầm tiết diện lớn, các thiết bị khoan có thể đặt trên các sàn công tác, từ đó có thể tiến hành công tác trên toàn tiết diện hầm. Các lỗ khoan để xi măng hoá phải làm sạch mặt khoan, rửa lỗ và đo chiều sâu lỗ. Vị trí của các lỗ khoan và chiều sâu lỗ phải được ghi rõ trong nhật ký công tác xi măng hoá. Trước khi xi măng hoá miệng lỗ được lắp đặt tampôn đảm bảo kín trong suốt quá trình ép vữa. Khi xi măng hoá lấp đầy tampôn đặt gần miệng lỗ khoan, còn khi xi măng hoá gia cố vị trí tampôn cách miệng một khoảng yêu cầu quy định rõ trong trình tự tiến hành công tác khoan phụt.

Khi xi măng hoá lấp đầy người ta sử dụng sơ đồ nén ép, khi đó toàn bộ vữa chui vào khoảng trống sau vỏ hầm cho đến khi xuất hiện vữa ở hàng lỗ trên hoặc khi đạt độ chối với áp lực 0,3 - 0,5MPa.

Khi xi măng hoá gia cố tùy thuộc vào thành phần vữa và mật độ của khe nứt mà tiến hành ép theo sơ đồ phân đoạn, bán phân đoạn hoặc nén ép.

Theo sơ đồ phân đoạn vữa được đưa vào tận đáy lỗ khoan qua ống ép vữa và trực tiếp vào khe nứt nhiều hơn khi cùng một áp lực xi măng hoá. Vữa thừa chảy dọc theo vách lỗ

khoan trở lại thùng chứa. Điều kiện cần thiết của việc áp dụng sơ đồ phân đoạn là vữa chuyển động trong không gian ống với tốc độ cao đảm bảo đưa theo tất cả các hạt cứng có kích thước lớn của vữa ở trạng thái đẩy nổi. Vữa để xi măng hoá chế tạo từ mác xi măng 300 - 500, tốc độ này không nhỏ hơn 0,7m/s. Khi sử dụng các loại vữa khác, tốc độ tối thiểu cho phép xác định bằng thực nghiệm. Sơ đồ phân đoạn là sơ đồ tổng hợp cho phép tiến hành công tác xi măng hoá một cách chất lượng với các mật độ khác nhau.

Với sơ đồ bán phân đoạn sự chuyển động của vữa xi măng thực hiện chỉ ở giữa bơm và đầu phụt. Ở trong lỗ khoan vữa dịch chuyển từ miệng lỗ đến gương phụt. Sơ đồ này có thiết bị đơn giản, dễ điều khiển trong suốt quá trình xi măng hoá. Sơ đồ này được áp dụng để xi măng cả cho đá có khe nứt nhỏ và đá có khe nứt lớn. Khi xi măng hoá các khe nứt nhỏ nên đưa vào trong thành phần vữa phụ gia để nâng cao tính linh động của vữa.

Đơn giản hơn cả là sơ đồ nén ép. Vữa xi măng qua đầu phụt được bơm nén vào trong lỗ khoan, rồi lan truyền vào các khe nứt. Sơ đồ này chủ yếu áp dụng cho khoan phụt lấp đầy.

Vữa phụt được chế tạo ở các trạm trộn và thường đặt ở ngay hiện trường. Việc ép vữa vào lỗ khoan thường bằng các bơm bùn có áp lực cao và dây cao su mềm chịu áp lực lớn nối với đầu phụt. Trạm trộn, bơm thường ghép nối với nhau thành một cụm phụt đặt ở gần vị trí thi công. Đặc tính kỹ thuật của các loại bơm (do Liên Xô cũ sản xuất) có thể tham khảo bảng 6.4.

**Bảng 6.4**

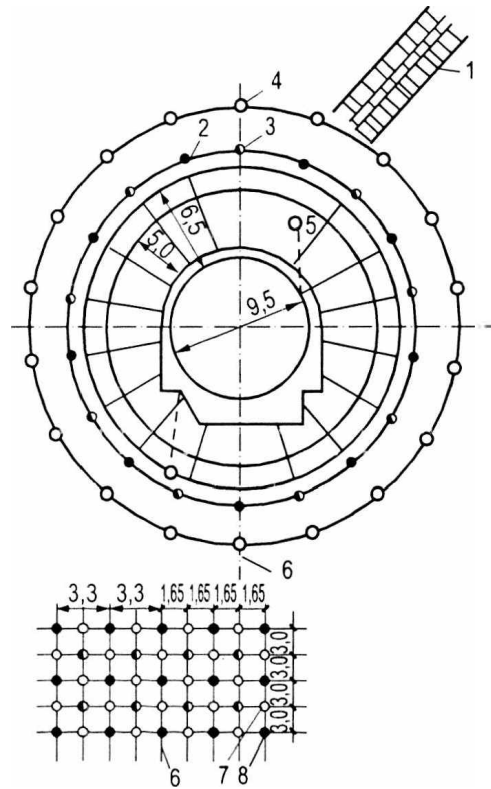
Các thông số của bơm	Mác bơm		
	НБ4-320/63	НБ5-320/100	ГРЦИ
Công suất, m <sup>3</sup> /h	1,9 - 19,2	9 - 19,2	20
Áp lực lớn nhất, MPa	3,0 - 6,0	3,0 - 6,0	1,0 - 6,0
Số xilanh	3	3	2
Công suất động cơ, kW	22	36	38
Trọng lượng động cơ, kg	1250	1225	964

Sơ đồ bố trí thiết bị trong hầm được chọn phụ thuộc vào điều kiện cụ thể của hiện trường.

Sau đây là một ví dụ minh hoạ về công tác xi măng hoá gia cố cho một hầm dẫn nước vào tuabin của nhà máy thủy điện Inguri ở Liên Xô cũ (hình 6.5).

Công tác xi măng hoá tiến hành sau khi đổ bê tông vòm ngửa để lấp đầy và nối các khe thi công giữa các bộ phận vỏ hầm. Sơ đồ xi măng hoá gia cố cho hầm có vỏ dày 0,5m lập từ 18 lỗ khoan để quạt, vuông góc với vỏ hầm.

Bước của hàng lỗ khoan là 3,0m theo dọc hầm. Các lỗ khoan được xi măng hoá làm ba đợt. Chiều sâu lỗ khoan đợt I và II là 6,5m, đợt 3 là 5m. Trên từng đoạn một chiều sâu vùng xi măng hoá là 8 - 10m.



**Hình 6.5:** Sơ đồ bố trí lỗ khoan để xi măng hoá

1. Sự phân lớp đá; 2. lỗ khoan đợt I; 3. lỗ khoan đợt II; 4. lỗ khoan đợt III;  
5. lỗ khoan kiểm tra; 6. trục hầm; 7. hàng lẻ; 8. hàng chẵn.

Lỗ khoan đợt I (9 lỗ trong một mặt cắt với khoảng cách là  $40^\circ$ ). Bước dọc hầm là 6m được khoan và xi măng hoá làm hai vùng. Bắt đầu ở độ sâu 3,5m với áp lực 0,7 MPa, sau đó đến độ sâu 6,5m với áp lực 2 MPa.

Các lỗ khoan đợt II (9 lỗ trong một mặt cắt), làm với lỗ khoan đợt I thành dạng ô cờ. Việc khoan và xi măng hoá cũng giống như đợt I nhưng áp lực vùng 1 là 1,5 MPa; vùng 2 là 3,0 MPa.

Các lỗ khoan đợt III (9 lỗ trong mỗi mặt cắt) nằm ở giữa các lỗ khoan đợt I và đợt II. Việc khoan và xi măng hoá ngay trên toàn chiều sâu; áp lực phụt 3,5 - 4,0 MPa. Như vậy 1m dài hầm có 42 - 48m lỗ khoan, mỗi mét lỗ khoan gia cố  $18\text{m}^3$  đá.

Việc xi măng hoá ở đây dùng sơ đồ nén ép với nồng độ vữa ban đầu  $N/X = 10$  và tăng từ từ cả độ đậm đặc và áp lực đến giá trị quy định trong thiết kế.

Để tăng tiến độ xi măng hoá đã thực hiện một sơ đồ hợp lý: tạo ra 10 cụm phụt đặt ở các cửa hầm và trong các hang phụ cùng với việc sử dụng khung khoan chuyên dụng.

Vữa có nồng độ  $N/X$ : 0,6 được chế tạo ở trạm trung tâm rồi dẫn đến các cụm phụt bằng đường ống. Với sơ đồ này đã đảm bảo tiến độ xi măng hoá là 1700m/tháng cho mỗi cụm phụt.

## Chương 7

# CÁC CÔNG TÁC PHỤ TRONG THI CÔNG HẦM

### §1. THÔNG GIÓ HANG NGẦM TRONG GIAI ĐOẠN THI CÔNG

Không khí trong hang ở bất kỳ thời điểm nào cũng phải đảm bảo cho mọi hoạt động của con người và ở tất cả các diện thi công. Các quy định về thành phần không khí trong hang ngầm được chỉ rõ trong "Quy tắc an toàn khi thi công công trình ngầm". Trong các hang có người lượng oxy không nhỏ hơn 20%. Hàm lượng khí cacbonic ở chỗ thi công không lớn hơn 0,5% còn ở trên luồng khí ra không lớn hơn 0,75%. Hàm lượng các thành phần độc hại trong không khí của hang ngầm cũng không được vượt quá nồng độ cho phép như trong bảng 7.1.

Trong quá trình thi công thành phần không khí trong hang luôn thay đổi do việc thải ra các khí độc hại từ máy móc, thiết bị, máy hàn, nổ mìn, khí thải trong quá trình hô hấp của người, khí tạo ra từ địa tầng, từ vật liệu khác nhau v.v..

**Bảng 7.1**

Các hơi và khí độc	Nồng độ giới hạn cho phép	
	% theo thể tích	mg/m <sup>3</sup>
Oxyt cacbon	0,00170	20
Ôxyt nitơ chuyển thành NO <sub>2</sub>	0,00010	2
Các sản phẩm độc hại do động cơ đốt trong		
Akrolein	0,000008	0,2
Phormaldehit	0,000037	0,5

Vì vậy thành phần không khí trong hang ngầm cần được giữ với các hàm lượng tối ưu của oxy, nitơ, các khí ôxyt và các hỗn hợp (tạp chất) độc hại khác không lớn hơn trị số cho phép. Việc giữ ổn định các thành phần của không khí trong hầm được thực hiện bằng cách pha loãng các thành phần độc hại nhờ việc trao đổi nhiều lần không khí ở những chỗ thi công.

Trong các gương cũng có sự thay đổi gay gắt của nhiệt độ không khí, điều này cũng tác động có hại cho trạng thái sức khỏe con người. Vì thế thông gió cũng có nhiệm vụ giữ nhiệt độ và độ ẩm tối ưu ở nơi có người, tạo điều kiện thuận lợi cho lao động ở trong hầm.

Do tình trạng trên trong quá trình thi công ngầm phải có chế độ kiểm tra định kỳ thành phần và trạng thái của không khí: lấy mẫu, phân tích, đo tốc độ không khí, độ ẩm của luồng gió thông ở trong hầm.

Khi thiết kế và thực hiện thông gió công trình ngầm, tốc độ di chuyển của luồng gió không nhỏ hơn 0,15 m/s (trừ các buồng) và không vượt những trị số sau:

Trong hang ngầm đang đào	4m/s
Trong hang đã thông, trong giếng nơi có người và hàng lên xuống	8m/s
Trong giếng gió	15m/s

Trong các lỗ khoan thông gió tốc độ không khí không hạn chế. Theo "Quy tắc an toàn khi thi công ngầm" tất cả các hang ngầm đều phải có thông gió nhân tạo.

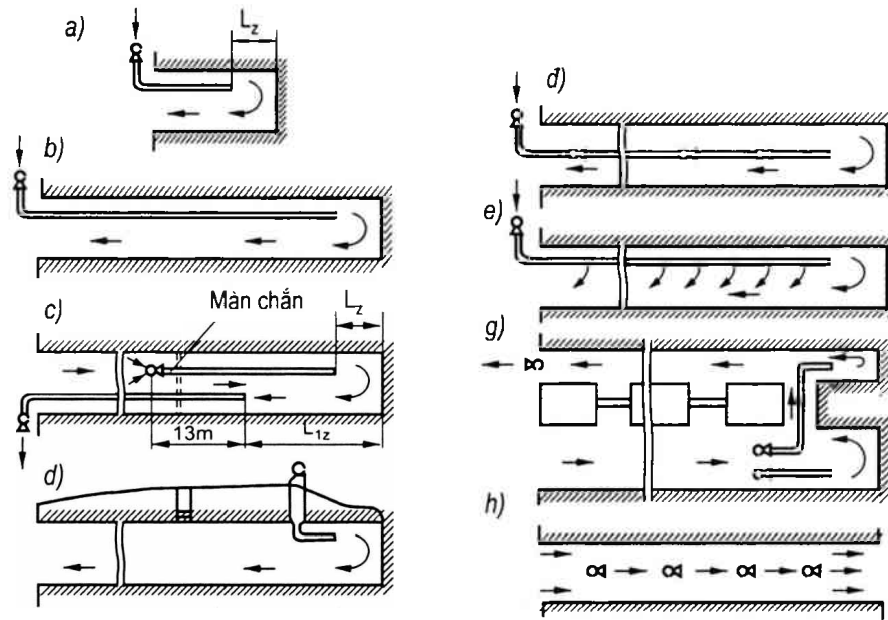
Tất cả các hang được thông gió, một cách qui ước, có thể phân ra làm hang cắt và hang xuyên (thông). Việc thông gió cho hang cắt chủ yếu là bằng quạt. Các hang thông được thông gió bằng dòng không khí quạt chuyển động tạo nên do sự làm việc đồng thời của các quạt và luồng gió tự nhiên sinh ra do chênh áp thông gió và gió tự nhiên...

Hợp lý hơn cả để thông gió cho hang cắt là sơ đồ thông gió kiểu ép và sơ đồ hỗn hợp. Với sơ đồ ép, không khí sạch được đưa vào gương theo đường ống để hoà tan (pha loãng) các hỗn hợp chất độc hại đến nồng độ cho phép và đẩy chúng ra xa gương do chênh áp lực. Trong sơ đồ hỗn hợp không khí bẩn được hút ra khỏi vùng gần gương và đồng thời với việc ép không khí sạch vào từ phần hang ngầm có nối thông với mặt đất.

Phương pháp ép kiến nghị dùng ở những hầm kích thước tiết diện ngang khác nhau có chiều dài  $\leq 500\text{m}$  cho tất cả các công đoạn của chu trình đào. Trong thời kỳ đầu của quá trình đào việc thông gió được thực hiện bằng luồng gió tự do. Tiếp theo khi tăng chiều dài hầm, việc thông gió bằng luồng gió tự do bị hạn chế thì phải chuyển sang thông gió qua ống (hình 7.1a, b).

Phương pháp thông gió hỗn hợp kiến nghị sử dụng trong những hầm có tiết diện ngang khác nhau với chiều dài lớn hơn 500m sau khi thi công công tác nổ mìn (hình 6.1c). Trong những hầm tiết diện nhỏ hơn  $20\text{m}^2$  có thể áp dụng phương pháp thông gió hỗn hợp có sử dụng màn chắn. Khi tiết diện hầm lớn hơn  $20\text{m}^2$  để làm việc này có thể sử dụng màn sương. Khoảng cách giữa đầu ống hút và ống ép cần phải không lớn hơn 10 - 15m.

Nếu tuyến hầm đào gần mặt đất, việc thông gió có thể thực hiện bằng phương pháp ép nhờ các lỗ khoan thông gió (hình 7.1d). Trong trường hợp này các hang đã xây dựng được nối với bề mặt bằng các lỗ khoan. Trên miệng lỗ khoan có đặt quạt để đẩy không khí vào hầm. Theo sự di chuyển của gương các lỗ khoan được khoan tiếp tục với sự tính toán sao cho chiều dài phần hang cắt là tối thiểu. Quạt được chuyển sang miệng giếng mới còn lỗ khoan trước được đậy lại. Phần không gian gần gương hầm được thông gió theo sơ đồ ép ngắn có đường ống và quạt cục bộ hoặc không cần thông gió cục bộ tùy theo hoàn cảnh cụ thể.



**Hình 7.1:** Các phương pháp và sơ đồ thông gió hầm

- a) Thông gió ép có dòng không khí tự do; b) Ép có dòng không khí hạn chế  
 c) Phương pháp hỗn hợp; d) Ép có sử dụng lỗ khoan thông gió; đ) Ép nhiều quạt nối tiếp;  
 e) Ép có thiết bị điều chỉnh không khí; g) Phương pháp hỗn hợp có sử dụng hang thông gió;  
 h) Luồng không khí có quạt chuyển tiếp.

Trong những hang cắt tiết diện ngang không lớn thường sử dụng ống thông gió đường kính không lớn (400 - 500mm) có sức cản không khí đáng kể. Để thông gió những hang loại này người ta sử dụng các loại quạt hướng trục đặt phân bố dọc theo chiều dài ống thông gió (hình 7.1đ). Do lượng gió sạch không lớn lắm, do đó việc ứng dụng sơ đồ này chỉ hạn chế cho những hang mà lượng khí độc hại tạo ra trong quá trình thi công không lớn.

Khi đào những hầm có chiều dài lớn hơn 500m có sử dụng những trang thiết bị có động cơ đốt trong, người ta sử dụng sơ đồ thông gió có điều chỉnh lượng không khí thoát ra từ đường ống thông gió (hình 7.1e). Thực chất của phương pháp biến tướng này của sơ đồ thông gió kiểu ép là ở việc phân bố lượng không khí sạch dọc theo hầm tương ứng với các khí độc thải ra. Việc phân bố không khí sạch được thực hiện qua các cửa si gió trên đường ống và có cánh điều chỉnh.

Khi đào hầm dạng gương cắt có chiều dài lớn hơn 1500m với tiết diện hầm  $\leq 20m^2$  và 2000m với tiết diện  $> 20m^2$  bằng các hang dẫn song song thì thông gió hợp lý hơn cả là dùng các hang nhánh nối hai hầm (cự ly từ 150 đến 200m). Tùy theo mức độ đào của cả hai phía, các nhánh cũ được đóng lại bằng màn chắn có các cửa sổ để điều chỉnh lượng gió (hình 7.1g). Ở cửa hầm đặt quạt thông gió chính, theo suốt chiều dài hang có luồng gió chính di chuyển. Các gương cắt có thông gió bổ sung bằng các quạt cục bộ.

Việc thông gió cho hầm xuyên được thực hiện với các sơ đồ khác nhau cho từng điều kiện cụ thể của quá trình thi công. Một trong những sơ đồ đó là hệ thống luồng gió có sử dụng quạt chuyển tiếp (hình 7.1h). Luồng gió tạo nên chủ yếu là do chênh áp lực.

Khi đào hầm bằng khiên đào hoặc máy liên hợp đối với từng trường hợp cụ thể người ta thiết kế hệ thống thông gió cho gương có xét đến quá trình làm bẩn không khí khi bộ phận đào của khiên hoặc máy đào liên hợp làm việc.

Những hang ngầm trong khi đào có sinh ra khí mêtan hoặc hydro tạo thành hỗn hợp khí nổ thì cần phải chuyển đổi sang chế độ khí phù hợp với "Quy tắc an toàn trong mỏ than và mỏ trong đá diệp thạch".

Lượng không khí sạch cần để thông gió cho công trình ngầm trong quá trình thi công được xác định theo các nhân tố sau:

- Theo lượng người tối đa ở trong hầm;
- Theo tốc độ không khí tối thiểu dọc theo hang;
- Theo lượng khí độc tạo ra trong quá trình thi công do nổ mìn, do bụi độc hại, do hàn điện, do động cơ đốt trong và do các thiết bị khác...

Bằng tính toán theo các điều kiện trên để quyết định giá trị tối đa nhận được khi có sự phối hợp một số quá trình thi công cùng với các quá trình tạo khí độc hại khác.

a) Theo số người tối đa đồng thời có mặt trong hầm

$$Q_z = \frac{q_n N}{60}, \text{ m}^3/\text{s} \quad (7.1)$$

trong đó: N - số lượng người tối đa cùng có mặt trong gương;

$q_n$  - lượng cấp khí tiêu chuẩn cho một người.

$$q_n = 6\text{m}^3/\text{ph}$$

b) Theo tốc độ không khí tối thiểu dọc theo hang

$$Q_z = V_{\min} \cdot S, \quad \text{m}^3/\text{s} \quad (7.2)$$

trong đó:  $V_{\min}$  - tốc độ gió tối thiểu trong hầm,  $V_{\min} = 0,15\text{m/s}$ ;

S - diện tích tiết diện hang,  $\text{m}^2$ .

c) Theo lượng hơi độc tạo ra khi nổ mìn

1. Phương pháp ép dòng không khí tự do

$$Q_z = \frac{V}{K_T \cdot t} \ln \frac{C_o}{C_g} \quad (7.3)$$

trong đó: V - thể tích vùng gần gương hầm,  $\text{m}^3$  (thể tích hang giữa đầu ống gió và gương);

t - thời gian thông gió, s;

$K_T$  - hệ số sử dụng luồng gió.

$$K_T = \frac{0,45\sqrt{S}}{d_n} \quad (7.4)$$

ở đây:  $d_n$  - đường kính quy đổi của ống gió, m; với vị trí ống gió ở góc trên hoặc góc dưới hang, nó bằng hai lần đường kính ống; còn khi đặt ở nóc, bằng 1,5 lần đường kính;

$C_o$  - nồng độ ban đầu của hơi:

$$C_o = \frac{A.B}{10L_z S} \% \quad (7.5)$$

với A - lượng tiêu hao thuốc nổ theo hệ chiều khoan đào, kg;

B - lượng ôxyt cacbon qui ước tạo ra khi nổ 1kg thuốc nổ (40 - 60 lít) kể cả ôxyt nitơ;

$L_z$  - khoảng cách từ điểm cuối của ống thông gió đến gương, m (hình 7.1).

$$L_z = (4 \div 5)\sqrt{S} \quad (7.6)$$

với  $C_g$  - nồng độ tối đa cho phép của lượng ôxyt cacbon qui ước bằng 0,008% theo thể tích.

## 2. Phương pháp ép với luồng không khí hạn chế

$$Q_z = 0,1923 \sqrt{\frac{Qq^2}{\eta_y^2 C_g}} \text{ , m}^3/\text{s} \quad (7.7)$$

trong đó: Q - lượng không khí cần thiết theo chế độ pha loãng tính lượng khí nổ ra trên toàn hang xuống nồng độ cho phép:

$$Q = \frac{A.B}{10C_{gt}} \text{ , m}^3/\text{s} \quad (7.8)$$

ở đây: q - lượng không khí cần thiết cấp vào hang cho một lần trao đổi:

$$q = \frac{SL}{t} \text{ , m}^3/\text{s} \quad (7.9)$$

với L - chiều dài hang cắt, m;

$\eta_y$  - hệ số xét đến mất mát không khí.

$$\eta_y = \left( \frac{1}{3} k \frac{d}{m} L \sqrt{R} + 1 \right)^2 \quad (7.10)$$

$$R = 6,5 \frac{\alpha L}{d^5} \quad (7.11)$$

trong công thức trên  $\alpha$  - hệ số sức cản không khí của ống;

d - đường kính ống, (mm);

m - chiều dài một đốt ống, mm;



k - hệ số nối ống đơn vị;

khi nối chất lượng  $k = 0,0005$ ,

khi nối đạt yêu cầu  $k = 0,002$

nối không tốt  $k = 0,005$ .

Các giá trị của  $\alpha$  và R đối với các loại ống gió phổ biến nhất như trong bảng 7.2.

**Bảng 7.2**

Vật liệu ống gió và đường kính của ống, đặc điểm của hang	Hệ số sức cản không khí của ống, $\alpha \cdot 10^4$	Sức cản không khí của 100m ống (R), $\text{kg} \cdot \text{s}^2/\text{m}^6$
<b>Các loại ống thép</b>		
500	3,5	7,28
600	3,2	2,68
800	2,9	0,58
1000	2,3	0,16
1200	2,0	0,05
<b>Vải chuyên dụng</b>		
500	4,0	0,52
600	3,2	0,32
800	2,2	0,18
1000	1,7	0,11
<b>Hang ngầm</b>		
Không chống, đào trong đá bằng phương pháp khoan nổ mìn	10,0	-
Chống bằng lưới thép	12,0	-
Chống bằng bê tông phun	8,0	
Chống bằng bê tông	5,0	

\* Kiloniut là đơn vị sức cản động không khí của ống thông gió đơn vị là  $\text{kg} \cdot \text{s}^2/\text{m}^6$

### 3. Phương pháp thông gió hỗn hợp

Đối với phương pháp này đầu tiên tính lượng không khí cấp vào gương theo các công thức đã nêu với luồng không khí hạn chế. Thay thế L bằng  $L_{\text{hút}}$  là khoảng cách từ đầu ống thông gió hút tới gương. Khi đó lượng không khí do quạt hút ra được xác định:

- Đối với sơ đồ không màn chắn

$$Q_{\text{hút}} \geq 1,3 Q_z \quad (7.12)$$

- Sơ đồ có màn chắn:

$$Q_{\text{hút}} \geq 1,1 Q_z \quad (7.13)$$

#### 4. Thông gió cho hang xuyên

Lượng gió yêu cầu khi xây dựng bậc dưới của hầm khi đã đào và đổ bê tông phần trên:

$$Q_z = \frac{SL_T}{t} + \frac{10S}{t} \sqrt[3]{L_T + D_{np}^2} (3 + \ln C_o), \text{ m}^3/\text{s} \quad (7.14)$$

trong đó:  $L_T$  - chiều dài đoạn thông gió, m;

$D_{np}$  - đường kính thiết kế quy đổi của đoạn hầm thông gió, m;

$C_o$  - nồng độ ban đầu của khí nổ mìn xác định theo công thức 7.5, %.

d) Theo lượng bụi độc hại, tạo ra khi hàn

$$Q_z = \frac{xM}{3600C_n} n, \text{ m}^3/\text{s} \quad (7.15)$$

trong đó:  $n$  - số lượng những điểm hàn cùng làm việc;

$x$  - lượng bụi toả ra khi hàn 1 kg que hàn, g;

$C_n$  - tiêu chuẩn cho phép của bụi hàn, mg/m<sup>3</sup>;

$M$  - khối lượng que hàn đốt trong một đơn vị thời gian, kg/h

$$M = k_H \cdot \alpha \cdot I \quad (7.16)$$

ở đây:  $k_H$  - hệ số làm việc liên tục,  $k_H = 0,6 \div 0,7$

$\alpha$  - hệ số chảy thép hàn, kg/A.h;

$I$  - cường độ dòng điện hàn,  $I = (150 \div 200)A$ .

Nếu ta biểu thị quan hệ  $x/C_n = q$  như là lượng không khí đơn vị cần thiết để pha loãng bụi do đốt cháy 1 kg que hàn đến nồng độ cho phép thì:

$$Q_z = \frac{n \cdot q \cdot M}{3600}, \text{ m}^3/\text{s} \quad (7.17)$$

Giá trị  $\alpha$ ,  $x$ ,  $q$  phụ thuộc vào loại que hàn sử dụng lấy theo bảng 7.3.

**Bảng 7.3**

Mác que hàn (Liên Xô cũ)	Hệ số nhiệt luyện $\alpha \cdot 10^{-3}$	Lượng bụi hàn khi đốt 1kg que hàn, $\chi$ (g/kg)	Lượng không khí đơn vị, $q$ (m <sup>3</sup> /kg)
AHO-1	15,0	7,1	1800
AHO-3	8,5	5,9	2880
AHO-5	11,0	14,4	6230
AHO-6	8,5	16,3	6500
03C-4	8,5	9,3	3750

**Chú ý:** Đối với các loại que hàn khác có thể căn cứ vào tính năng của que hàn để xác định các hệ số tương ứng.

e) Theo lượng khí thải khi các động cơ đốt trong làm việc

Theo các tài liệu hướng dẫn kỹ thuật về an toàn khi sử dụng giao thông không ray ở trong hầm, nơi có sử dụng các trang thiết bị, phương tiện giao thông là động cơ đốt trong thì phải cấp lượng không khí sạch với số lượng đảm bảo giảm nồng độ khí thải trong không khí hầm xuống đến tiêu chuẩn vệ sinh công nghiệp và không nhỏ hơn  $6,5\text{m}^3/\text{ph}$  cho  $1\text{kW}$  công suất động cơ diesel và  $7,8\text{m}^3/\text{ph}$  cho  $1\text{kW}$  các động cơ xăng. Khi có sử dụng các động cơ đốt trong, sơ đồ thông gió bắt buộc là sơ đồ ép có sự điều chỉnh lượng không khí ra:

$$Q_z = K.n.q.T, \quad \text{m}^3/\text{s} \quad (7.18)$$

trong đó:  $n$  - số lượng xe máy đồng thời làm việc ở trong hầm;

$q$  - khối lượng khí thải do một nguồn tạo khí độc thải ra  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$T$  - độ độc hại chung của khí thải;

$K$  - hệ số hiệu chỉnh, khi  $n = 1$ ,  $K = 1$ ,

$n = 2$ ,  $K = 0,9$ .

$n = 3$ ,  $K = 0,85$

Lượng không khí yêu cầu cấp vào hầm theo sơ đồ ép (công suất quạt):

$$Q_q = P_y Q_z \quad (7.19)$$

trong đó:  $P_y$  - hệ số điều chỉnh lượng mất mát không khí sạch trên toàn chiều dài hầm:

$$P_y = 2 \left( \frac{L_T}{v \cdot \tau} + 1 \right) \quad (7.20)$$

ở đây:  $L_T$  - chiều dài hầm, m;

$v$  - tốc độ chuyển động của ô tô và các thiết bị cơ khí khác có động cơ đốt trong,

$v = 2 \div 5,5 \text{ m/s}$ ;

$\tau$  - thời gian xúc đá cho ô tô,  $\tau = 180 \div 250\text{s}$ .

Giá trị của các thông số  $q$ ,  $\tau$ ,  $v$  và công suất của các loại ô tô phổ biến nhất do Liên Xô (cũ) sản xuất dùng trong thi công hầm như trong bảng 7.4.

**Bảng 7.4**

Các chỉ tiêu	Mác ô tô		
	МА3-508	ЗИЛММ3-555	БЛАЗ-540
Độ độc hại chung của khí thải (T)	80	106	83
Khối lượng khí thải $q$ , $\text{m}^3/\text{s}$	0,08	0,07	0,15
Tốc độ di chuyển trong hầm, $\text{m/s}$	2 - 5,5	2 - 5,5	2 - 5,5
Công suất động cơ, $\text{kW}$	145	125	230
Thời gian xúc đá ( $\tau$ ), s	200 - 280	150 - 180	840 - 900

Việc đưa không khí sạch từ đường ống ra với sơ đồ ép được thực hiện qua các cửa sổ thông gió có cánh điều chỉnh với diện tích:

$$S_{CS} = 0,38d^2 \frac{Q_{ra}}{Q_{TC}}, m^2 \quad (7.21)$$

trong đó:  $S_{CS}$  - diện tích cửa gió,  $m^2$ ;

$d$  - đường kính ống gió,  $m$ ;

$Q_{TC}$  - lượng gió đi qua tiết diện ngang ống gió ở cửa sổ xả gió;

$$Q_{TC} = Q_z \left[ 1 + \frac{z}{l} (P_y - 1) \right], m^3/s \quad (7.22)$$

ở đây:  $z$  - chiều dài hầm từ gương đến cửa lấy gió,  $m$ .

Lượng không khí sạch đi qua cửa sổ:

$$Q_{ra} = Q_z / (P_y - \eta_y) / L, m^3/s \quad (6.23)$$

trong đó:  $l$  - khoảng cách giữa các cửa sổ gió  $l = 150 \div 200m$ .

$\eta_y$  - hệ số mất gió tự nhiên từ ống có chiều dài  $L$  ( $m$ ) (tính theo công thức 7.10).

Để chọn loại quạt căn cứ vào công suất và áp lực yêu cầu.

$$Q_q = Q_z \cdot \eta_y \quad (7.24)$$

$$H = 10RQ_z^2 \eta_y \quad (7.25)$$

Trong những năm gần đây để thông gió cho hang xuyên, trong đó có bậc dưới của hầm đã đào thông người ta sử dụng rộng rãi sơ đồ thông gió không ống nhờ quạt thông gió chính đặt chuyển tiếp ở bậc dưới. Việc sử dụng quạt chuyển tiếp là hợp lý chỉ trong trường hợp nếu như lực cản không khí của hầm  $R$  nhỏ hơn sức cản tiêu chuẩn  $R_{TC}$ :

$$R_{TC} = \frac{0,122}{S} \left( \frac{1}{S_q} - \frac{1}{S} \right), k\mu \quad (7.26)$$

trong đó:  $S$  - diện tích tiết diện ngang hầm,  $m^2$ ;

$S_q$  - tiết diện của quạt ở cửa ra,  $m^2$ .

Lượng gió đi qua hầm khi đặt quạt chuyển tiếp là:

$$Q_T = k \cdot Q_q \sqrt{\frac{S}{S_b(8,2R.S^2 + 1)}}, m^3/s \quad (6.27)$$

trong đó:  $Q_q$  - công suất quạt,  $m^3/s$  ( $Q_q = Q_z$ );

$k$  - hệ số thực nghiệm, phụ thuộc vào tiết diện hầm; khi  $S \leq 40m^2$ ,  $k = 0,85$ ,  
khi  $S \leq 80m^2$ ,  $k = 0,6$ ; khi  $S > 80m^2$ ,  $k = 0,5$ ;

R - sức cản không khí động của hầm:

$$R = \frac{\alpha \cdot L \cdot \chi}{S^3} \cdot k_{\mu} \quad (7.28)$$

trong đó:  $\chi$  - chu vi hầm, m;

$\alpha$  - hệ số sức cản không khí động của hầm lấy theo bảng 7.2.

Áp lực của quạt (Pa) của hàng thông gió có dòng khí xuyên  $H = 10 \cdot R \cdot Q_T^2$ .

Vị trí đặt quạt chuyển tiếp sẽ tăng lên 10 - 15%.

$$l_{tg} = (0,1 \div 0,5) L_T \quad (7.29)$$

ở đây:  $l_{tg}$  - khoảng cách từ cửa hầm đến chỗ đặt quạt, m;

$L_T$  - chiều dài của hầm thông gió, m.

Theo giá trị tìm được đối với H và  $Q_q$  theo bảng 7.5, ta chọn được loại quạt cần thiết, chế độ làm việc của nó được thiết lập theo đặc tính riêng của chúng. Đặc tính kỹ thuật của các loại quạt thông dụng do Liên Xô chế tạo có thể tham khảo bảng 7.5.

**Bảng 7.5**

Các chỉ tiêu kỹ thuật	Các loại quạt								
	Hướng trục					Ly tâm			
	CBM-6M	BM-12	BO-16	BOIT-21	BOIT-30	BUIT-9	BUIT-16	BU-25	BU-31,5
Công suất, m <sup>3</sup> /s									
tối thiểu	3,2	10	18	20	50	5	12	28	35
tối đa	7,0	32	70	110	223	29	43	98	165
Áp lực, Pa									
tối thiểu	1175	650	350	800	800	2943	1140	1500	1275
tối đa	2400	3600	2000	3400	2900	9810	3500	4700	5000
Công suất, kW									
tối thiểu	12	20	15	100	115	100	65	210	500
tối đa	14	110	130	500	800	250	106	360	800
Trọng lượng, t	0,265	1,78	2,0	13,5	32,3	1,8	5,4	8,14	16,3

## §2. CHỐNG BỤI KHI THI CÔNG NGẦM

Tất cả các nguồn tạo bụi trong quá trình thi công xây dựng công trình ngầm qui ước có thể phân làm tạo bụi nguyên sinh (lần đầu) và tạo bụi thứ sinh (tạo lại).

Nguồn tạo bụi nguyên sinh là các công đoạn cơ bản của chu trình đào (khoan lỗ, phun bê tông, bốc đá...). Đặc điểm của chúng là quá trình tạo bụi có cường độ lớn.

Nguồn tạo bụi thứ sinh là các nguồn đưa các loại bụi đã tạo ra vào trong không khí như giao thông bằng ô tô, sóng nổ mìn v.v...).

Việc có bụi trong không khí ngấm gây ra hàng loạt bệnh nghề nghiệp cho công nhân, phổ biến hơn cả là bệnh Xilicô.

Người ta đã xác nhận rằng mức độ nguy hiểm của các hạt bụi tác động lên cơ thể được xác định trước tiên là bởi lượng bụi trong một đơn vị thể tích không khí và độ khuếch tán của chúng. Các tiêu chuẩn về hàm lượng giới hạn cho phép của các dạng bụi khác nhau được quy định bằng miligam bụi trong  $1\text{m}^3$  không khí ở chỗ có người ghi rõ trong "Quy tắc an toàn khi thi công công trình ngầm" và thường quy về những hạt bụi sau đây: Những hạt bụi có chứa đioxyt-silic lớn hơn 70% là  $1\text{mg}/\text{m}^3$ ; đioxyt silic (10-70%) là  $2\text{mg}/\text{m}^3$ ; đioxyt silic nhỏ hơn 10% là  $4\text{mg}/\text{m}^3$ ; bụi ximăng, apatit và các khoáng vật khác có chứa đioxyt silic nhỏ hơn 10% là  $5\text{mg}/\text{m}^3$ ; bụi sét, các khoáng vật khác cũng như các hỗn hợp của chúng không chứa đioxyt silic tự do là  $10\text{mg}/\text{m}^3$ .

Công tác khoan là nguồn tạo bụi lớn nhất, hàm lượng của các hạt nhỏ khuếch tán trong dòng bụi chung là 7 - 8%. Một búa khoan không có thiết bị khử bụi sẽ tung vào không khí 150 - 160mg/ph các hạt nhỏ khuếch tán. Khi không có biện pháp chống bụi thì ở vị trí khoan có thể đạt  $800\text{mg}/\text{m}^3$ .

Người ta sử dụng ba phương pháp chống bụi khi thi công công tác khoan:

Dùng nước để khử bụi, khử bụi bằng hỗn hợp không khí và chất lỏng; tách bụi bằng phương pháp khô.

Khử bụi bằng thủy lực là phương pháp phổ biến nhất. Bằng cách dùng nước để rửa đáy lỗ khoan và hòa tan bụi trong thời gian khoan. Người ta sử dụng hai cách (hai phương án) là phương án dọc trục và phương án bên hông. Với hai phương án này người ta đưa nước áp lực qua một lỗ dọc cần khoan qua một khớp nối ở đầu cần khoan hoặc từ thân máy khoan. Hiệu quả hơn cả là phương pháp rửa bên. Chất lỏng để rửa bụi là nước kỹ thuật hoặc nhũ tương nước với phụ gia bôi trơn (ОП-7; ОП-10) với lượng tiêu hao 5 - 10 lít/ph.

Trong những đất dễ ướt khi khoan nổ mìn phổ biến hơn cả là dùng hệ tách bụi (hỗn hợp nước không khí). Hỗn hợp này được chế tạo trong các kim phụ đặc biệt đảm bảo nhận được hỗn hợp nước: không khí có tỷ lệ 1:400. Các bộ kim phun được đặt trực tiếp trên các tổ hợp khoan và điều chỉnh được theo chế độ khoan cũng như điều kiện về cấu trúc địa chất.

Việc tách bụi khô sử dụng chủ yếu khi khoan ở những vùng đóng băng vĩnh cửu, nơi mà tách bụi thủy lực không áp dụng được do chất lỏng tách bụi sẽ bị đóng băng ở trong lỗ khoan. Đất đá bị đập nát khi khoan và bụi sẽ được hút ra qua một kênh trong cần

khoan vào thiết bị tách bụi. Qua thiết bị này bụi được hút lại, không khí sạch được tách ra và đưa trở lại vào gương đào. Khi khử bụi khô thì một thiết bị khử bụi có thể phục vụ cho một nhóm máy khoan (ví dụ thiết bị của Liên Xô (cũ) sản xuất là ПЮ-4).

Khi xúc bốc bụi có thể khử bằng nước hoặc kim phun hỗn hợp nước không khí (tạo sương) đặt trên máy xúc.

Khi nổ mìn muốn chống bụi người ta dùng màn chắn phun nước. Màn sương kiểu phun nước được tạo ra bằng một hệ kim phun đặt theo chu vi hang ở khoảng 50 - 60m kể từ chỗ nổ mìn ra. Việc đóng mở hệ kim phun có thể tự động do tác động của sóng nổ mìn.

Để chống nguồn bụi thứ sinh chủ yếu ở trong hầm do ô tô đi lại người ta sử dụng hệ thống tưới nước đường định kỳ và tăng cường thông gió.

### §3. THOÁT NƯỚC TRONG THI CÔNG HẦM

Phần lớn các công trình ngầm đều xây dựng trong điều kiện có nước dưới đất. Tùy theo lưu lượng của nước vào hầm người ta phân ra: nước nhỏ giọt từ vòm và vách hang ( $\leq 0,5 \text{ m}^3/\text{h}$ ); nguồn nước kiểu chảy thành dòng dọc theo hầm ( $\leq 5 \text{ m}^3/\text{h}$ ); nguồn nước cục bộ và vùng ngậm nước ( $> 5 \text{ m}^3/\text{h}$ ). Ngoài ra trong quá trình đào hang, nước kỹ thuật sử dụng trong quá trình thi công cũng khá lớn (khoan, công tác bê tông, các loại nước tưới khác...) lưu lượng của chúng cũng đạt tới  $4,5 - 5,0 \text{ m}^3/\text{h}$ . Vì thế lượng nước tổng cộng cần thoát trong đa số trường hợp đạt tới  $20 - 25 \text{ m}^3/\text{h}$  điều đó thường gây khó khăn cho công tác thi công. Trong xây dựng để thoát nước ngầm và nước kỹ thuật người ta phải dùng thoát nước tự nhiên và thoát nước nhân tạo.

Khi tổng lưu lượng nước theo tuyến công trình  $\leq 50-60 \text{ m}^3/\text{h}$  và hầm có độ dốc về phía cửa thì người ta làm rãnh tự chảy tiết diện rãnh  $0,2 - 0,25 \text{ m}^2$ . Thông thường sử dụng một rãnh đặt ở một bên vách hang và đập bằng tấm nắp để có thể làm sạch rãnh theo chu kỳ trong thời gian sử dụng. Khi có độ dốc ngược thì người ta làm rãnh tự chảy về phía gương sau đó đưa ra ngoài bằng bơm với việc sử dụng sơ đồ thoát nước hai giai đoạn. Với sơ đồ này nước từ gương đưa về hố thu bằng các bơm nhẹ di chuyển theo gương, còn từ hố thu đưa ra ngoài theo đường ống bằng các bơm đặt cố định ở trạm. Dung tích hố thu lấy bằng lưu lượng tối đa trong giờ mà không bơm. Khoảng cách giữa các hố thu tùy thuộc vào độ dốc:

$$L = \frac{h_r}{i_r + i_T}, \text{ m} \quad (7.30)$$

trong đó: L - khoảng cách giữa các hố thu;

$h_r$  - chiều sâu tối đa của rãnh nước,  $h_r \leq 0,6 \text{ m}$ ;

$i_r, i_T$  - độ dốc của rãnh nước và của hầm.

Trong thực tế, khoảng cách này thường lấy bằng 150 - 200m. Khi xây dựng các giếng đứng, nước được thu ngay phần dưới của giếng hoặc vào một buồng bơm riêng nơi có đặt tổ hợp bơm thoát nước. Các hố thu được đặt hai bơm, một làm việc và một dự phòng. Công suất của mỗi bơm lấy lớn hơn lưu lượng giờ tối đa 20%. Áp lực tính toán của bơm lấy bằng tổng chênh cao giữa hố thu và cửa hầm hay miệng giếng  $\Delta H$  và những mất mát theo tuyến  $H_n$ .

$$H = \Delta H + H_n \quad (7.31)$$

$$H_n = \lambda \frac{L}{d} \frac{V^2}{2g} \quad (7.32)$$

trong đó:  $H$  - áp lực yêu cầu của bơm, m;

$\lambda$  - hệ số ma sát thuỷ lực,  $\lambda = 0,03$ ;

$d$  - đường kính ống, m;

$V$  - tốc độ của nước trong ống dẫn,  $V = 2 \div 3 \text{ m/s}$ ;

$L$  - chiều dài ống dẫn, m.

Đường kính ống dẫn có áp:

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot V \cdot 3600}} \text{ , m} \quad (7.33)$$

ở đây:  $Q$  - công suất bơm,  $\text{m}^3/\text{h}$

Công suất của động cơ bơm:

$$N = \frac{Q_b \cdot H \cdot \rho}{3,6 \cdot 102 \cdot \eta} \text{ , m} \quad (7.34)$$

trong đó:  $Q_b$  - công suất tính toán của bơm,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$H$  - tổng áp lực của nước, m;

$\rho$  - mật độ của nước cần bơm  $\rho = 1,05 \div 1,08 \text{ t/m}^3$ ;

$\eta$  - hiệu suất máy bơm,  $\eta = 0,6 \div 0,75$ .

Để bơm nước ở gương người ta dùng chủ yếu là các bơm dùng khí nén kiểu H-1M do Liên Xô (cũ) chế tạo, công suất  $25 \text{ m}^3/\text{h}$  áp lực 10m hoặc bơm "Gnom" dùng động cơ điện công suất  $20 \text{ m}^3/\text{h}$  áp lực 20m. Ở các hố thu có trang bị các loại bơm bùn ly tâm có công suất yêu cầu (các loại do Liên Xô (cũ) sản xuất như 2K6, 4HДБ, 4HФ v.v...).

Khi lưu lượng nước lớn hơn  $100 \text{ m}^3/\text{h}$  từ những nguồn cục bộ hoặc hầm đi qua vùng bão hoà nước thì các sơ đồ thoát nước nêu trên trở nên kém hiệu quả. Giải pháp chống nước ngầm lúc này sẽ phải có hệ thống thu nước hoặc làm khô đất nhân tạo cũng như biện pháp hạ mực nước ngầm.

Khi dùng hệ thống thoát nước trong vùng bão hoà nước mà hầm cắt qua không có tác dụng người ta phải dùng đến biện pháp gia cố hoá học như Silicat hoá, sét hoá, bitum hoá hoặc ép keo hữu cơ.



#### §4. CHIẾU SÁNG VÀ CẤP NĂNG LƯỢNG CHO HANG NGẦM

Tất cả các công trình ngầm trong quá trình thi công đều phải chiếu sáng nhân tạo bằng điện. Việc chiếu sáng cục bộ trong gương, chỗ làm việc cũng là bắt buộc (đèn ắc qui đèn chiếu sáng di động...). Cấm tuyệt đối không được làm việc ở chỗ không có chiếu sáng.

Trong quá trình thi công người ta phân biệt hai loại chiếu sáng. Chiếu sáng cố định thường xuyên và chiếu sáng gần gương. Ở gần gương, những nơi tiến hành thi công việc chiếu sáng được thực hiện bằng các nguồn sáng di động như đèn pin ắc qui, đèn pha... Điện áp nguồn cấp cho hệ chiếu sáng này không lớn hơn 36V. Đối với các tổ hợp di động bằng kim loại, khi trong gương có nước thì điện áp chiếu sáng không được lớn hơn 12V.

Nguồn năng lượng chiếu sáng ở gần gương phải đặt ở chỗ an toàn và nối với đèn bằng cáp mềm bọc cách điện cao su. Tất cả các thiết bị chiếu sáng ở gần gương phải là thiết bị chuyên dụng cho hầm mỏ (của Liên Xô cũ có ký hiệu PH). Đối với những hang có tạo khí cháy nổ thì mức độ cách điện còn đòi hỏi cao hơn. Trong trường hợp này phải dùng các thiết bị điện chuyên dụng đối với hang nguy hiểm do nổ mìn (của Liên Xô cũ ký hiệu là PB).

Những phân hang nối với địa điểm thi công có hệ chiếu sáng thường xuyên, cố định bằng các thiết bị chiếu sáng điện áp 127V hoặc 220V (loại 220V cho các hang khô ráo).

Đối với những hang đã kết thúc quá trình thi công, các hang khô ráo, khi chiều cao trên các thiết bị chiếu sáng không nhỏ hơn 2,5m cũng dùng điện áp 220V. Nguồn cấp điện cho chiếu sáng cố định là mạng điện động lực ngầm điện áp 380V qua biến áp, bằng cáp bọc kim loại hoặc các loại có ký hiệu chuyên dụng như đã nêu trên nếu hang có tạo khí nguy hiểm.

Ngoài hệ thống chiếu sáng cố định, chiếu sáng gần gương như đã nêu trên còn phải trang bị chiếu sáng cá nhân như đèn ắc quy trong thời gian làm việc. Loại thiết bị này phải có thời gian làm việc liên tục không nhỏ hơn 10 giờ. Sau khi kết thúc ca làm việc đèn phải được nạp điện trở lại.

Đối với các hang trong tổ hợp ngầm của các công trình thuỷ lợi theo "Quy tắc an toàn trong thi công công trình thuỷ lợi ngầm" quy định như sau: hang dẫn tiết diện  $\leq 10\text{m}^2$ , thiết bị chiếu sáng có công suất 40W cách nhau 6m ở cả hai bên vách hang; hang có tiết diện  $10-30\text{m}^2$ , đèn chiếu sáng công suất 40W qua 4m ở cả hai bên; những hầm tiết diện  $< 30\text{m}^2$  đèn chiếu sáng công suất 100W cách nhau 8m ở cả hai vách hang. Hầm tiết diện  $30 - 70\text{m}^2$  đèn công suất 150W cách nhau 6m ở cả hai bên vách; hầm tiết diện lớn hơn  $70\text{m}^2$  và các buồng ngầm phải có tính toán riêng theo thiết kế thi công. Gương của hang nằm ngang là 15W công suất cho  $1\text{m}^2$ ; gương thẳng đứng là 20W công suất  $1\text{m}^2$ .

Mạng chiếu sáng cho tổ hợp ngầm phải không được xảy ra sự cố, và cấp điện bằng hai nguồn độc lập nhau.

Khi thi công hang ngầm bằng phương pháp mỏ (khoan nổ mìn) mà dùng các thiết bị khí nén là chính thì không khí nén là nguồn năng lượng cơ bản. Vì thế khi xây dựng các tổ hợp ngầm thường phải xây dựng trạm cấp khí nén. Trạm cấp khí nén là một nhóm các máy nén khí lắp chung trong một nhà cùng với các nguồn cấp không khí, nguồn làm lạnh, nguồn điều áp...

Công suất của trạm nén khí được tính toán theo số lượng thiết bị sử dụng khí nén có dự trữ khoảng 20%.

$$Q_K = 1,2k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot \Sigma q \cdot k_5 \quad (7.35)$$

trong đó:  $q$  - lượng tiêu hao khí nén của thiết bị,  $m^3/ph$ ;

$k_1$  - hệ số đồng thời làm việc của thiết bị dùng khí nén:

$$k_1 = 0,82 \text{ khi } n = 5;$$

$$k_1 = 0,71 \text{ khi } n = 10;$$

$$k_1 = 0,69 \text{ khi } n = 15.$$

$k_2$  - hệ số có xét đến mất mát khí nén trên mạng:

$$k_2 = 1,4 \div 1,6;$$

$k_3$  - hệ số xác định khối lượng không khí khi nó bị lạnh:

$$k_3 = 1,3;$$

$k_4$  - hệ số hiệu chỉnh cao độ đặt trạm:

$$k_4 = 1 \text{ khi độ cao } < 300m;$$

$$k_4 = 1,03 \text{ khi } h_1 = 300 \div 600m;$$

$$k_4 = 1,14 \text{ khi } h_1 = 600 \div 1400m.$$

$k_5$  - hệ số xét đến độ mòn của thiết bị,  $k_5 = 1,2$ .

Để đảm bảo cấp khí nén đồng đều vào mạng cấp khí, khi không khí nén ra khỏi máy nén khí được đi qua một bình điều áp, dung tích của bình tính theo công thức:

$$V_b = 1,16\sqrt{Q_k} \cdot m^3 \quad (7.36)$$

Tại bình điều áp có trang bị áp kế, van an toàn đảm bảo xả không khí thừa từ mạng khí nén.

Do khi làm việc máy nén khí xả ra nhiệt lượng đáng kể, nó được tách tuần hoàn từ thân máy bằng nước. Trạm khí nén bao giờ cũng có thiết bị để làm mát bằng nước theo kiểu bể tuần hoàn hoặc bể phun. Tại đây nước nóng được làm lạnh đi bằng dòng không khí để thu nhiệt lượng thừa. Khi khởi động hoặc cho ngừng máy nén khí phải qua một thiết bị khởi động đặt trong trạm.

Trạm khí nén ở công trường thường tổ hợp từ một loại máy (phần lớn là máy piston) công suất 20, 25, 50 và  $100m^3/ph$  đảm bảo áp lực tối đa 0,9 - 1,0 MPa và áp lực ổn định trong lưới 0,6 - 0,65 MPa.

Mạng khí nén ngầm làm từ ống thép có đường kính tính toán, nối với nhau bằng bích hoặc hàn và cứ 200 - 300m phải đặt thiết bị tách nước. Ống được đặt có độ dốc 3 - 4% theo chiều chuyển động của khí nén để đảm bảo cho việc tách nước, dầu đến thiết bị tách dễ dàng. Ở phần gần gương người ta dùng ống có khớp tháo thanh để làm mạng khí nén.

Việc áp khí nén từ mạng đến thiết bị chủ yếu là dùng ống cao su mềm đường kính 20 - 65mm tùy thuộc vào loại thiết bị.

Trong các thời kỳ đầu của công trường khi chưa kịp lắp trạm khí nén, người ta dùng các máy nén khí di động có động cơ điện hoặc điêzen có công suất 10 và 20m<sup>3</sup>/ph (BK-10, BK-20). Khi nối chúng lại với nhau thành trạm để cấp cho mạng chung, nhất thiết phải sử dụng bình điều áp và van an toàn.

Điện năng cấp cho các máy móc, thiết bị thi công hầm thường là điện xoay chiều điện áp 380V qua biến thế riêng đặt ở gần cửa hầm. Việc bảo vệ cho các thiết bị được thực hiện nhờ dây trung tính thứ tư của cáp theo "Quy tắc an toàn khi xây dựng công trình ngầm". Ngoài ra trên suốt chiều dài hầm phải có hệ tiếp địa biên, điện trở của hệ tiếp địa phải được đo kiểm tra định kỳ.

Trong thời kỳ thi công, công trình ngầm phải thường xuyên kiểm tra bằng công tác trắc địa do đội trắc địa hầm tiến hành. Công tác đo đạc hầm phải đảm bảo phục vụ cho các công tác lắp đặt các trang thiết bị, kiểm tra hướng tuyến, đo đạc tiết diện ngang, các đo đạc liên hệ với các công tác lộ thiên, công tác che khuất (đặt cốt thép, đặt các chi tiết chôn sẵn, xác định đào vượt, đào thiếu v.v...).

Ngoài ra, trong chức năng của công tác trắc địa còn có việc kiểm tra khối lượng đá ngầm, bê tông ngầm ở các giai đoạn thi công.

Phương pháp đo, độ chính xác và tính chu kỳ của công tác trắc địa, các tài liệu... được xác định theo các chỉ dẫn kỹ thuật.

## Chương 8

# CƠ GIỚI HOÁ ĐỒNG BỘ KHI THI CÔNG HẦM BẰNG PHƯƠNG PHÁP MỎ

### §1. HẦM TIẾT DIỆN NHỎ VÀ TRUNG BÌNH

Công nghệ đào và đổ bê tông hầm hiện đại dựa trên việc cơ giới hoá đồng bộ các quá trình thi công. Việc cơ giới hoá đồng bộ các quá trình dựa trên cơ sở sử dụng hợp lý các thiết bị cơ giới, thống nhất chúng lại thành một tổ hợp cho những điều kiện đặc trưng nhất của công trình. Ở các nước công nghiệp phát triển có nền công nghiệp mỏ đồng bộ thì các công nghệ thi công cho từng loại hầm, từng phương pháp là khá hoàn chỉnh. Trong điều kiện nước ta máy móc thiết bị nhập ngoại từ nhiều nước việc nghiên cứu để đưa ra công nghệ thích hợp là có ý nghĩa rất quan trọng không chỉ trong thi công mà còn định hướng cho việc mua sắm máy móc thiết bị. Có thể tham khảo tính năng các thiết bị đưa vào các tổ hợp công nghệ của Liên Xô trước đây trong các bảng của chương 3, 4 và chương 6 và các trang thiết bị do các nước khác sản xuất có tính năng tương tự để lựa chọn sơ đồ cơ giới hóa đồng bộ các quá trình thi công hầm.

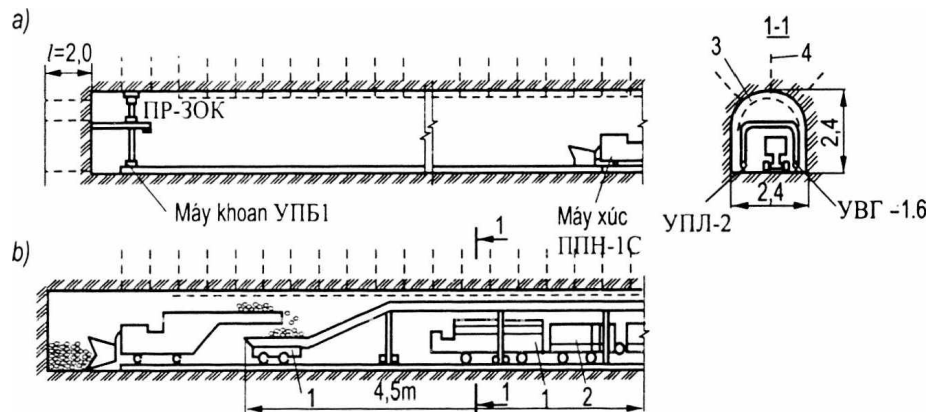
Khi đề xuất các tổ hợp công nghệ phải xuất phát từ điều kiện địa chất công trình theo tuyến hầm, diện tích tiết diện ngang, chiều dài, sơ đồ xúc chuyển hợp lý nhất. Chỉ có như vậy mới chọn được công nghệ thi công hợp lý.

Trong những hang tiết diện nhỏ, người ta sử dụng phổ biến hai sơ đồ công nghệ (đối với những hang tiết diện  $\leq 10 - 12$  và  $12 - 16m^2$ ) việc đào và đổ bê tông, khác nhau chỉ ở thứ tự thực hiện các công đoạn, bởi mức độ cơ giới hoá gương, bởi hệ thống đổi goòng và các chi tiết công nghệ của quá trình xây vỏ hầm.

Khi xây dựng hầm tiết diện  $\leq 10 - 12m^2$  (hình 8.1), công tác khoan được thực hiện bằng các máy khoan tay loại ПП-22, ПП-24, ПП-30K đặt trên giá đỡ khí nén. Cũng có thể sử dụng các thiết bị khoan cơ khí loại nhỏ để khoan như các máy khoan truyền động dạng trục xoắn vítme hoặc các tay búa loại nhẹ kiểu pistông, ví dụ như loại УПБ của Liên Xô (cũ).

Do nhịp hang không lớn do đó dùng đường ray đơn khổ 600mm để vận chuyển. Khổ hầm hẹp, chật trội nên việc dùng các thiết bị đổi goòng đòi hỏi phải đào các ngách riêng. Việc xúc đá dùng các máy loại gầu nhỏ (như loại ППН-1С) cùng với các thiết bị chuyển tải loại nhỏ nhẹ. Nếu đã dùng thiết bị chuyển tải thì người ta cố gắng sao cho dưới chúng

xếp được cả đoàn tàu và chở toàn bộ đá nổ ra trong một chu kỳ bằng một chuyến tàu. Đầu máy kéo dùng loại ắc qui nhỏ (АМД-8 của Liên Xô cũ).



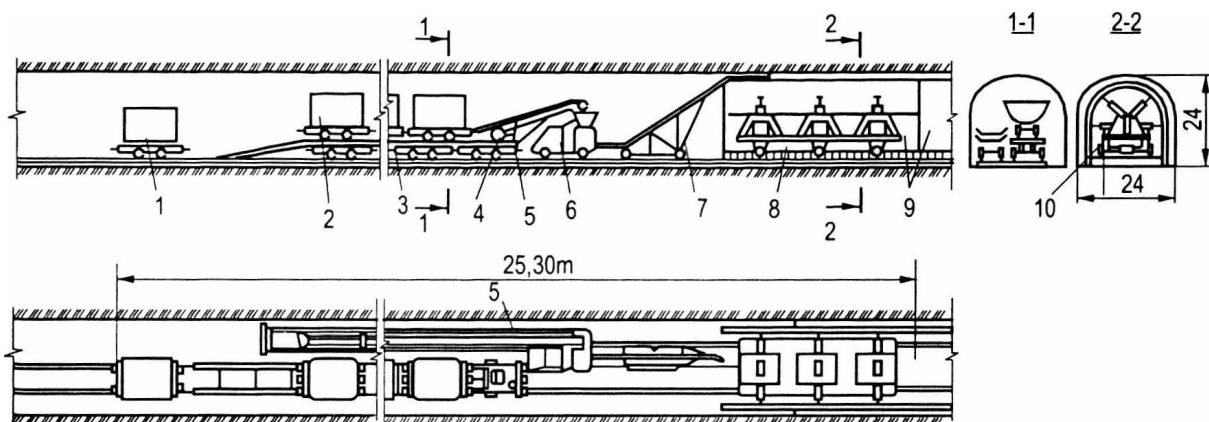
**Hình 8.1:** Sơ đồ công nghệ đào và đổ bê tông hầm tiết diện nhỏ ( $\leq 10m^2$ )

a) Khoan; b) Bốc đá.

1. đầu máy điện; 2. goòng; 3. lưới bảo vệ; 4. neo

Việc gia cố tạm tiến hành sau khi thải đá xong. Cá biệt có thể song song với chúng. Phổ biến là dùng neo và bê tông phun đôi khi dùng vì chống vòm.

Việc đổ bê tông vỏ hầm (hình 8.2) được tiến hành theo sơ đồ tuần tự, có nghĩa là sau khi kết thúc các công tác đào trên toàn bộ chiều dài của gương. Điều đó đòi hỏi công tác chống đỡ tạm phải chất lượng. Ván khuôn dùng loại thép chế sẵn. Việc cấp bê tông dùng goòng dung tích 1,0 - 1,2m<sup>3</sup> có mở ở đầu goòng. Để lắp ráp và tháo dỡ ván khuôn người ta dùng các thiết bị cơ khí nhỏ. Nhiều trường hợp đã sử dụng dót ván khuôn di động dài 4-5m, dùng các thiết bị khí nén kích thước nhỏ đặt trên xe kéo hoặc trên toa goòng để đổ bê tông và được đồng bộ các thiết bị thành tổ hợp. Khối lượng hỗn hợp bê tông tổng cộng trong thiết bị đổ bê tông khí nén là tương ứng với khối lượng của khối đổ. Việc đưa

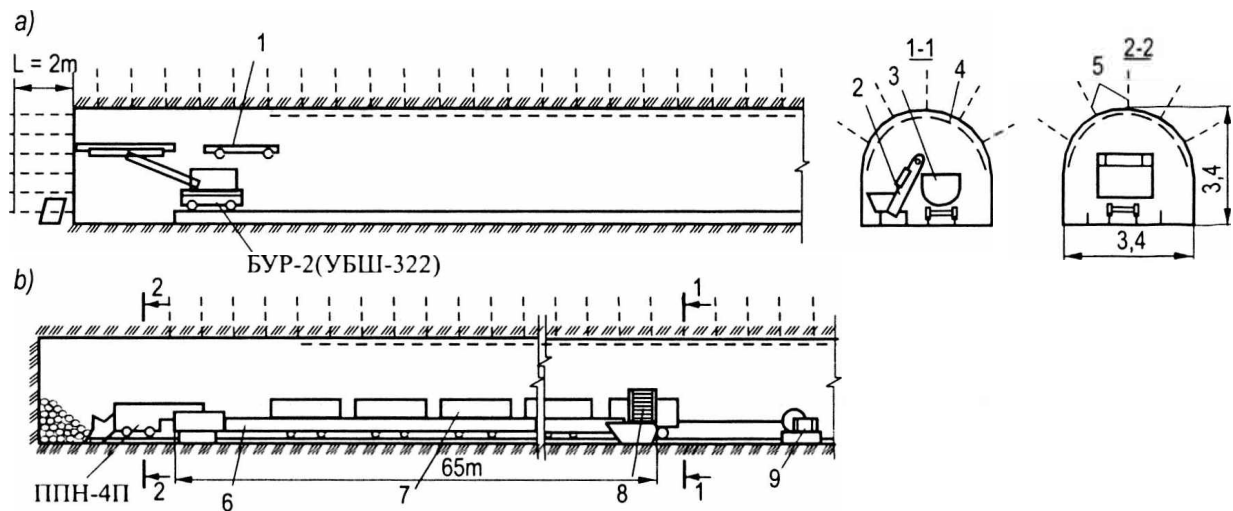


**Hình 8.2:** Đổ bê tông các hầm tiết diện  $\leq 10m^2$

1. goòng dung tích 0,8m<sup>3</sup>; 2. goòng 0,8m<sup>3</sup> dưới thiết bị đỡ tải; 3. goòng kê di động;  
4. tời 4,5t; 5. băng tải; 6. tổ hợp đổ bê tông БМ-68; 7. xe nâng ống bê tông;  
8, 10. ván khuôn di động; 9. dót ván khuôn.

bê tông vào thiết bị tiến hành ở trên mặt đất còn việc đổ bê tông bằng cách đóng thiết bị vào mạng khí nén và ống dẫn bê tông của khối đổ. Việc đổ bê tông đáy tiến hành sau khi đổ bê tông vòm và tường. Công nghệ như vừa mô tả đảm bảo tiến độ đào và đổ bê tông khoảng 100 - 150m/tháng.

Khi xây dựng hầm tiết diện 12 - 16m<sup>2</sup> (hình 8.3) nhịp hàng cho phép tổ chức vận chuyển bằng ray đường đôi bề rộng bánh xe 600 hay 750mm có trang bị ghi để đổi tàu. Điều kiện trên cho phép sử dụng thiết bị khoan chạy trên ray (như loại БУР-2М, УБШ-322П do Liên Xô chế tạo) đảm bảo tốc độ khoan lỗ lớn, có chiều sâu đến 3m. Do có đường ray đôi nên thiết bị khoan có thể chuyển từ phần này sang phần khác của gương.



**Hình 8.3:** Đào hầm tiết diện 10 - 20m<sup>2</sup>

a) Khoan; b) Thải đá;

1. sàn công tác; 2. băng chất tải; 3, 7 - goòng УБГ - 1,6; 4. lưới bảo vệ;  
5. neo bê tông cốt thép  $l = 1,5\text{m}$ , bước 1,2m; 6. băng tải; 8. băng chuyển tải; 9. tời.

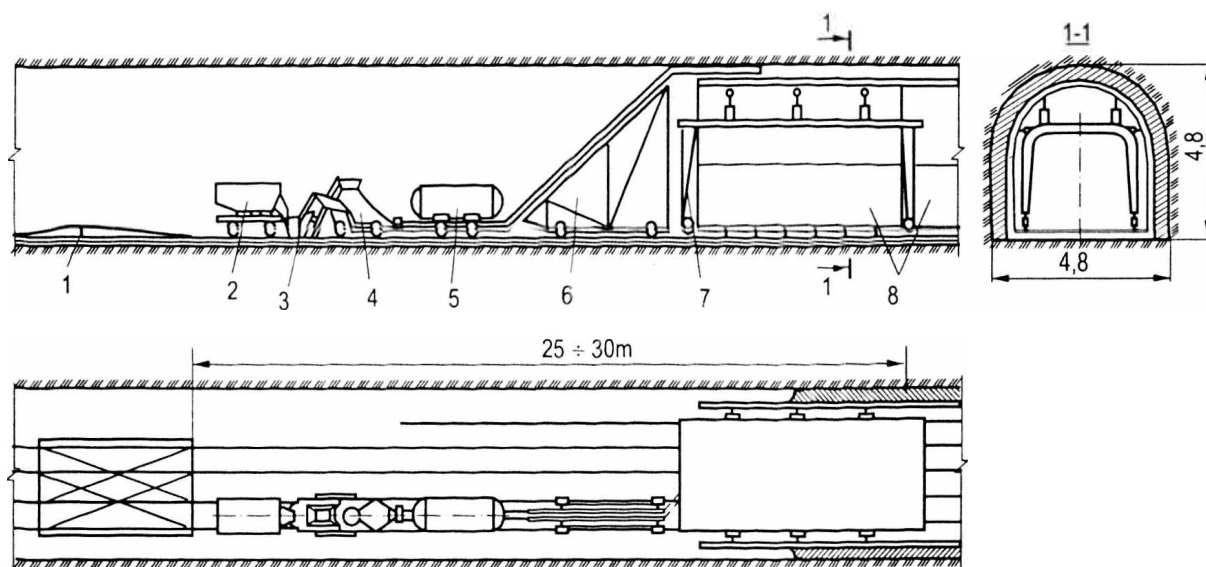
Trong gương sử dụng các máy xúc loại gầu và các phương tiện vận chuyển cỡ lớn như goòng dung tích 1,6 - 2,5m<sup>3</sup> với đầu kéo điện có sức kéo 12 đến 14t. Máy xúc kiểu như ППН-4П của Liên Xô (cũ) chế tạo. Việc đổi goòng và đổi tàu sử dụng các bộ ghi chuyển đổi và các thiết bị khác. Trong những năm gần đây để vận chuyển chủ yếu dùng các loại goòng có thiết bị chuyển tải (kiểu БПК do Liên Xô cũ chế tạo).

Gia cố tạm được thực hiện sau khi thải đá hoặc bố trí song song một phần với công tác khoan (vì chống neo hoặc vì chống vòm thép). Đổ bê tông vỏ hầm (hình 8.4) được tiến hành sau khi kết thúc công tác đào của toàn hầm hoặc kết thúc từng gương trên toàn hầm, cũng như tổ chức song song với đào ở khoảng cách gương là 180 - 200m (khoảng cách kỹ thuật) để bố trí các thiết bị khoan đào khi nổ mìn. Trong bước 1 của công tác đổ bê tông vỏ tiến hành đồng thời cả tường và vòm cùng một lúc. Ván khuôn dùng loại ván khuôn thép chế sẵn cơ giới hoá. Chiều dài mỗi đốt đổ có thể tăng đến 6m. Việc cấp bê tông cho gương đổ bê tông có thể dùng bơm hoặc goòng chuyên dụng để chở

bê tông tươi. Đổ bê tông vào khối đổ bằng bơm khí nén hoặc các loại bơm khác. Sơ đồ đổ bê tông đáy hang tương tự như phương án đã nêu ở phần trên đối với hầm tiết diện  $\leq 10\text{m}^2$ . Việc sử dụng đường đôi để vận chuyển cho phép tăng cường việc cơ giới hoá các quá trình thi công và tăng tiến độ thi công đến 150 - 160m/tháng.

Cũng nên biết rằng kích thước của những hầm tiết diện đến  $20\text{m}^2$  khi chiều dài lớn thì các cánh (vai) gương đào sẽ gây khó khăn cho việc bố trí ống thông gió có đường kính yêu cầu. Do tình hình trên dẫn đến việc phải thông gió hai hay nhiều cấp. Một khó khăn nữa là kéo ống gió qua các khối đổ bê tông. Để khắc phục khó khăn này trong trường hợp có thể thì giải pháp dùng lỗ khoan thông gió cho sơ đồ ép là hợp lý hơn cả (xem các sơ đồ trên hình 7.1). Trong trường hợp này ống gió chỉ bố trí ở đoạn từ những lỗ khoan đã dùng đến gần gương. Phần còn lại của hầm sẽ không có ống được sử dụng để hút không khí bẩn ra.

Khi xây dựng hầm tiết diện trung bình sẽ sử dụng hai sơ đồ công nghệ chủ yếu phụ thuộc vào các kích thước của tiết diện ngang hầm và tổ hợp thiết bị xúc vận chuyển ở trong hầm.

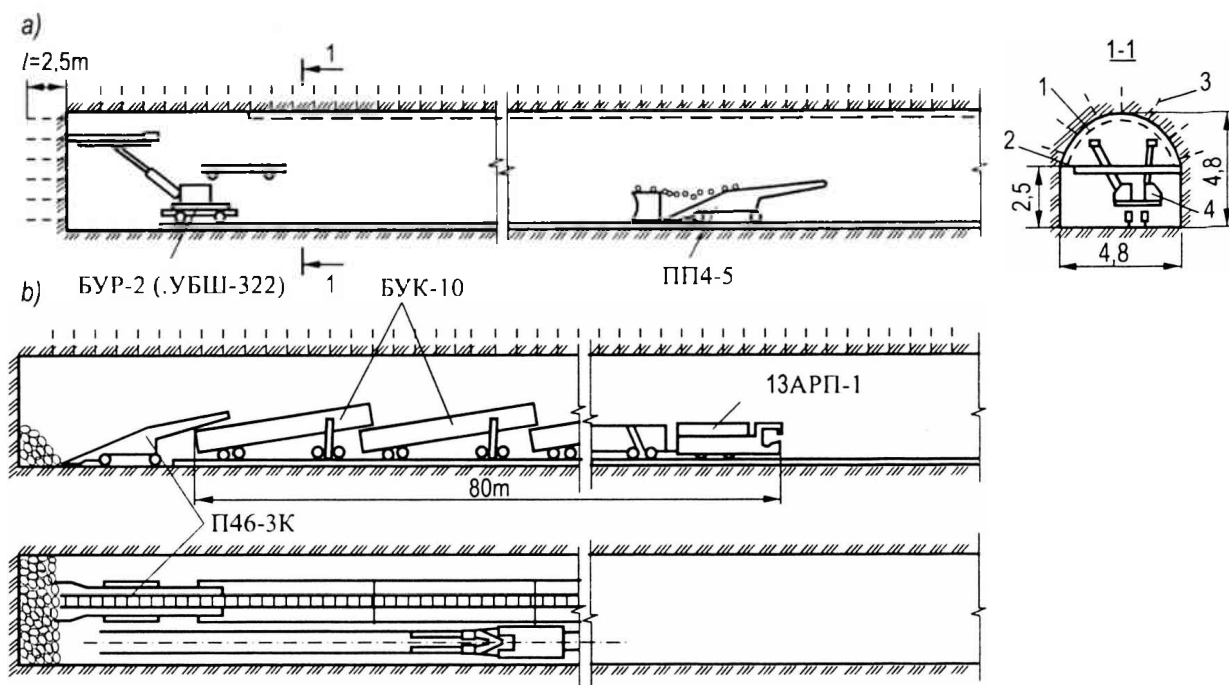


**Hình 8.4:** Đổ bê tông hầm tiết diện 10 - 20m<sup>2</sup>

1. ghi đối xứng; 2. thiết bị chở bê tông; 3. ben nâng hạ; 4. thiết bị đổ bê tông khí nén;
5. bình điều áp; 6. xe giữ ống bê tông; 7. ván khuôn di động; 8. đốt ván khuôn

Khi diện tích tiết diện ngang  $\leq 30 - 35\text{m}^2$  hợp lý hơn cả là dùng vận chuyển có ray. Sơ đồ này cũng dùng cho cả hầm tiết diện lớn khi có giếng phụ. Trong các trường hợp còn lại khi tiết diện hầm lớn hơn 30 - 35m<sup>2</sup> thì dùng vận chuyển không ray.

Cũng cần nhấn mạnh là việc chọn sơ đồ vận chuyển thuộc nhóm này cũng phụ thuộc khá nhiều vào các thiết bị điều xe, đổi tàu, đổi goòng cũng như việc tổ chức thông gió cho hầm. Việc quyết định chọn sơ đồ này hay sơ đồ khác phải dựa trên luận cứ kinh tế kỹ thuật đầy đủ.



**Hình 8.5:** Đào hầm tiết diện 20 - 30m<sup>2</sup>

a) Khoan; b) Bóc đá.

1. lưới bảo vệ; 2. sàn di động; 3. neo bê tông cốt thép;  $l = 1,5\text{m}$  bước 1,2m; 4. máy khoan.

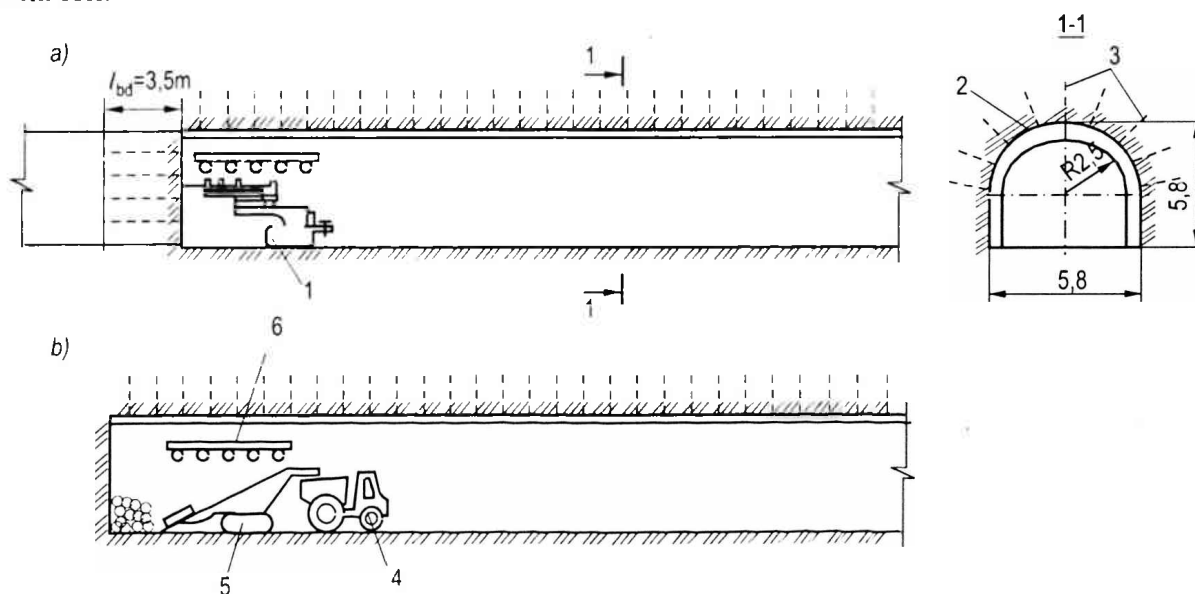
Khi dùng đường ray vận chuyển khổ từ 750 và 900mm (hình 8.5) thì việc khoan lỗ thường tiến hành bằng các thiết bị khoan loại nặng chạy trên ray (như các loại máy khoan БУР-2М, УБШ-322П do Liên Xô cũ chế tạo hoặc các loại có tính năng tương tự) với chiều sâu khoan 2,7 - 3,0m. Các máy khoan tay được sử dụng như là các thiết bị hỗ trợ khi làm việc ở trong gương (để khoan xử lý đá quá cứng, xử lý những chỗ đào thiếu v.v...).

Việc xúc đá tiến hành bằng các máy xúc loại gầu cỡ lớn (như loại ППН-4, ППН-5 do Liên Xô cũ chế tạo) đổ vào goòng tự đổ dung tích lớn (loại có tính năng tương tự như loại БПК-7, БПК-10 do Liên Xô cũ chế tạo). Đầu máy nên dùng loại đầu máy điện ắc quy với sức kéo 14t hoặc đầu kéo diesel có trang bị thiết bị làm sạch khí thải (thiết bị làm sạch kiểu hai cấp). Việc gia cố tạm được thực hiện sau khi kết thúc công tác thải đá hoặc có thể bố trí một phần song song với công tác khoan neo hoặc dựng vòm.

Xây vỏ hầm vĩnh cửu, tường và vòm được tiến hành song song với công tác đào với cự ly kỹ thuật 200 - 250m. Việc cấp bê tông cho khối đổ dùng các loại goòng chuyên dụng. Việc đổ bê tông vào sau ván khuôn bằng các loại bơm khí nén hoặc bơm piston có kích thước nhỏ có ben nâng hạ được để đưa bê tông vào bơm. Ván khuôn có thể dùng ván khuôn lắp ghép chế sẵn bằng thép hoặc ván khuôn cơ giới hoá gồm ba khâu, chiều dài mỗi đốt 6m. Việc đổ bê tông đáy hầm được tiến hành sau khi đã đổ xong bê tông vòm và tường theo thứ tự giật lùi. Việc đổ bê tông đáy phải dùng thiết bị chuyên dụng chạy trên cầu cạn và có thước đầm chuẩn. Công nghệ như mô tả trên đây đảm bảo đào hang và xây vỏ với tốc độ 150 - 200 m/tháng.



Khi xây dựng các hầm tiết diện trong khoảng từ 30 đến 59m<sup>2</sup> và có các hang phụ nằm ngang, phổ biến hơn cả là sử dụng sơ đồ vận chuyển không ray và các thiết bị tự hành. Với sơ đồ công nghệ này công tác khoan (hình 8.6) được tiến hành bằng các thiết bị khoan tự hành trên bánh xích bằng động cơ khí nén hay thuỷ lực (kiểu 1СВУ-2К, УБШ-532) với chiều sâu lỗ đến 4,0m. Ngày nay đã ra đời hạt loạt thiết bị khoan loại này với công suất khá lớn.



**Hình 8.6:** Đào hầm tiết diện 30 - 50m<sup>2</sup>

a) Khoan; b) Bốc đá;

1. máy khoan; 2. bê tông phun; 3. neo bê tông cốt thép; 4. xe chở đá; 5. máy xúc; 6. sàn di động

Đá nổ ra được xúc bốc bằng các máy xúc hoạt động liên tục chạy trên bánh xích (kiểu ПНБ-2, ПНБ-3К...). Phương tiện vận chuyển chủ yếu là ô tô tự đổ tải trọng từ 4,5t trở lên (như MAZ-508). Khi không thể vận chuyển hai chiều thì phải giải quyết các ngách tránh xe kết hợp làm các buồng để đặt các thiết bị thi công và phòng tránh cho thiết bị khi nổ mìn.

Các thiết bị chính được dùng phối hợp với các thiết bị phụ trợ như máy ủi, máy nâng để gom đá, và tiến hành các công việc ở phần trên cao của gương như chọc đá om, đặt, dựng vì chống, ống gió, màn chắn v.v...

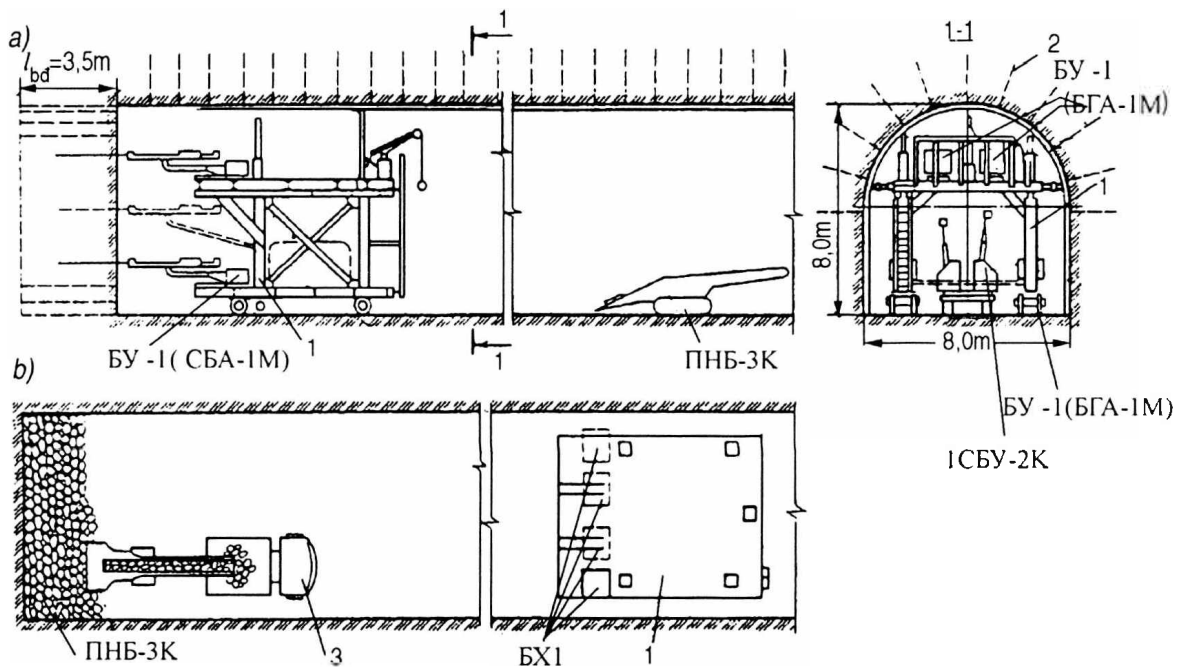
Vì chống tạm được lắp dựng sau khi thải đá. Khoan lỗ đặt neo tiến hành cùng với việc khoan gương. Khi có khung khoan thì việc dựng vì chống tạm (neo, bê tông phun) bố trí cùng với việc khoan gương. Việc dựng các vì chống vòm tiến hành sau khi thải đá nhờ các thiết bị chuyên dụng như máy nâng thuỷ lực.

Khi xây vỏ vĩnh cửu, tường và vòm thường tiến hành đồng thời. Việc cấp bê tông dùng ô tô tự đổ phối hợp với bơm bê tông. Đổ bê tông đáy hầm cùng thực hiện giống như các sơ đồ công nghệ đã mô tả ở các phần trên. Tiến độ đào và đổ bê tông khi áp dụng sơ đồ công nghệ này có thể đạt 70 - 120m/tháng.

## §2. THI CÔNG HẦM TIẾT DIỆN LỚN

Việc đào hầm trong đá ổn định ( $f_k \geq 4$ ) được thực hiện theo kiểu toàn tiết diện hay bậc thang dưới tùy theo diện tích của tiết diện ngang (xem chương 2). Khi nhịp hang có giá trị lớn (10 - 15m) thì có thể sử dụng các thiết bị tự hành có năng suất cao.

Với phương pháp đào toàn tiết diện và khi đào mở rộng phần trên của phương pháp bậc thang dưới (hình 8.7a) thì công tác khoan lỗ được thực hiện bằng hai loại thiết bị: thiết bị khoan tự hành loại lớn (thường 2 máy cho 1 gương) hoặc bằng khung khoan, trên khung đặt 8 - 10 máy khoan có tay búa. Điều này cho phép nhanh chóng chuyển mức khoan dễ dàng.



**Hình 8.7:** Đào hầm tiết diện lớn

a) Khoan; b) Thải đá;

1. khung khoan; 2. neo bê tông; 3. ô tô tự đổ.

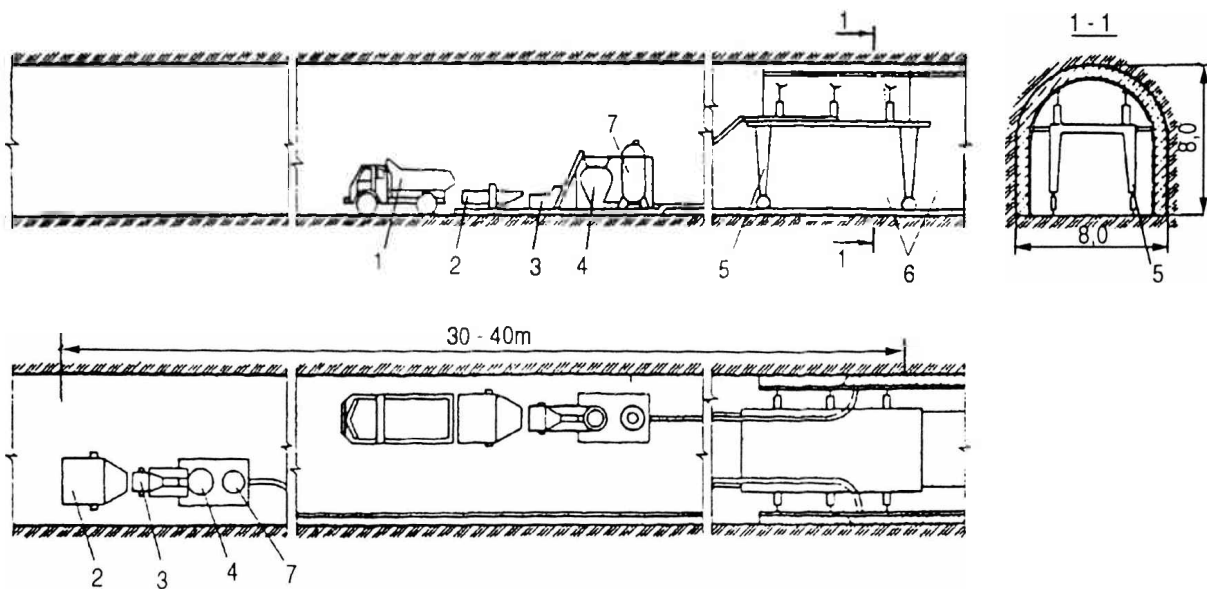
Việc dựng vòm chống tạm phần lớn thực hiện bằng các máy nâng thuỷ lực (theo kiểu máy nâng МШТС-2ТП do Liên Xô cũ chế tạo) và tiến hành ngay sau khi thải đá. Việc khoan lỗ đặt neo được tiến hành đồng thời với khoan gương. Khi có khung khoan thì công tác gia cố tiến hành song song với công tác khoan gương.

Công tác xúc đá được tiến hành bằng các máy xúc hoạt động liên tục cỡ lớn (như loại ПНБ-3Д, ПНБ-4 do Liên Xô cũ chế tạo) hoặc các máy xúc gầu có cần xúc ngắn với dung tích gầu 1,25 - 2,0m<sup>3</sup> (như kiểu ЭО-5114). Một loại máy xúc theo kiểu máy ủi (hoặc bánh lốp) có gầu chứa 3-4m<sup>3</sup> đổ qua thân máy hoặc đổ sườn cũng rất triển vọng trong thi công hầm và hiện nay đã được sử dụng phổ biến ở Việt Nam.

Để vận chuyển thải đá chủ yếu dùng các loại ô tô tự đổ, tải trọng 8-10t (các loại xe KAMAZ-5511, MA3-508; MoA3-6401...). Khi khoảng cách vận chuyển ngắn  $\leq 1\text{km}$  có thể dùng các loại goòng tự hành hoặc các loại máy xúc - chuyên.

Các loại thiết bị công nghệ phụ trợ trong trường hợp này là các loại máy nâng có tầm với đến 12m, các loại máy ủi công suất lớn để gom đá, làm sạch nền hầm v.v. Để lắp đặt các khung cốt thép người ta dùng các loại cầu kiểu máy ủi có cần ngắn và sức nâng đến 10t.

Việc đổ bê tông vỏ hầm (hình 8.8) được tiến hành song song với công tác khoan đào với khoảng cách công nghệ 200 - 280m. Các ván khuôn cơ giới hoá theo kiểu nhiều đốt đảm bảo cho việc đổ bê tông vòm và tường đồng thời hoặc chỉ cho phần trên của vỏ. Khi chiều dày vỏ hầm lớn hơn 80cm người ta sử dụng ván khuôn lắp ghép theo kiểu vòm chu bin. Việc lắp và tháo ván khuôn tiến hành nhờ thiết bị chuyên dụng như thi công vỏ hầm lắp ghép. Việc cấp bê tông từ ngoài vào gương bằng các loại ô tô tự đổ hoặc loại xe tự trộn (kiểu C-1036, C-1042). Việc đổ bê tông vào ván khuôn bằng bơm pistông hai cấp hoặc máy đổ khí nén hai thùng chứa (2AIBY-800).

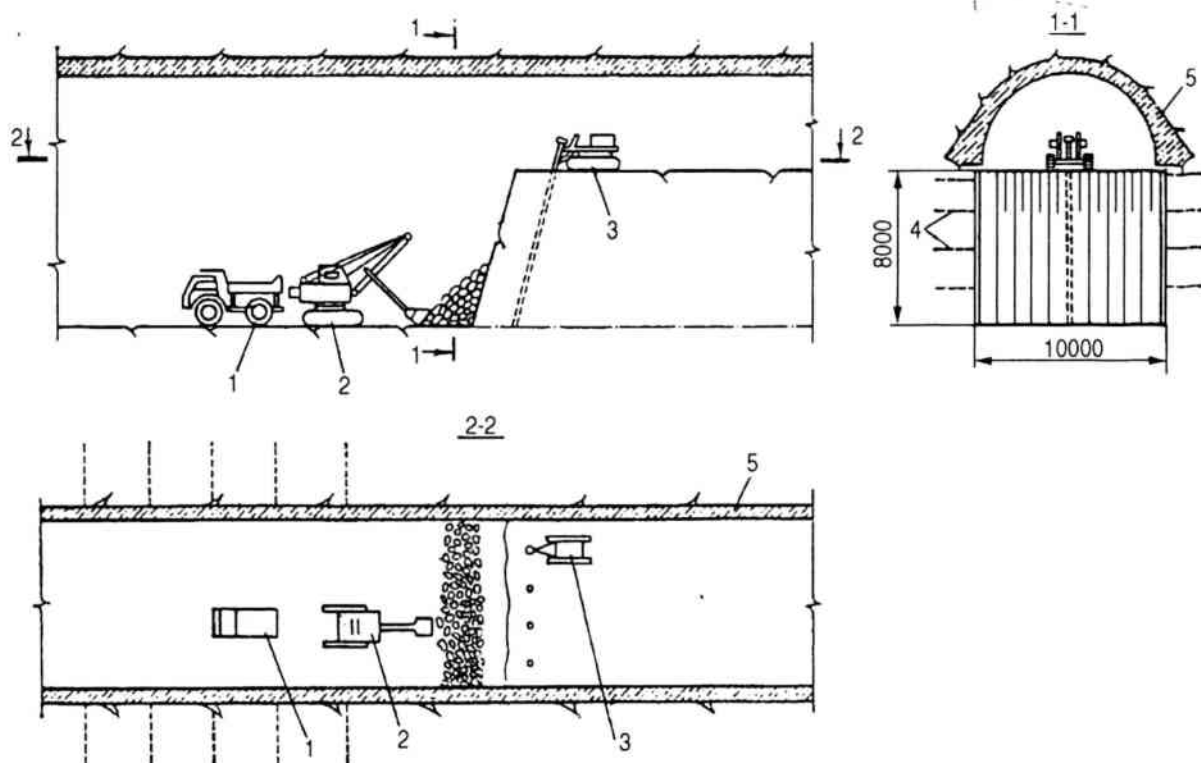


**Hình 8.8: Đổ bê tông vỏ hầm tiết diện lớn**

1. ô tô tự đổ; 2. thùng chứa trung gian; 3. thiết bị nâng; 4. máy bơm bê tông;  
5. ván khuôn di động; 6. các đốt ván khuôn; 7. bộ phận phân phối

Đào bậc dưới hầm được bắt đầu sau khi kết thúc bê tông phần vòm. Để hạ bậc dưới có thể dùng các loại máy khoan công suất lớn. Khi bậc cao hơn 4m người ta thường dùng lỗ khoan xiên đường kính lớn để đào bậc dưới. Điều đó cho phép dùng các thiết bị khoan tự hành (kiểu CBY-100Г của Liên Xô cũ) để khoan các lỗ mìn loại này. Khi chiều cao bậc nhỏ hơn 4m thì việc khoan gương phải dùng các thiết bị khoan lỗ mìn đường kính nhỏ như khoan bậc trên của hầm (hình 8.9).

Khi khối lượng đá nổ ra lớn, để xúc đá người ta dùng các loại máy xúc gầu với dung tích gầu 2-3m<sup>3</sup>. Chuyển đá ra ngoài bằng ô tô tự đổ tải trọng lớn (kiểu như MoA3-6401, БЕЛАЗ-540 của Liên Xô cũ).



**Hình 8.9:** Đào bậc dưới hầm tiết diện lớn

1. ô tô tự đổ; 2. máy xúc; 3. máy khoan; 4. neo bê tông cốt thép gia cố vách;  
5. vỏ hầm vĩnh cửu phần vòm.

Các thiết bị công nghệ phụ trợ như máy ủi, máy nâng, cần cẩu có sức nâng đến 20t.

Việc gia cố tạm vách hầm được tiến hành song song với công tác xúc bốc. Ở những chỗ vách hang ổn định cho phép để gia cố tạm chậm sau một bước đào. Do tác động của sóng nổ mìn nên việc đổ bê tông tường và đáy hầm được tiến hành song song với khoảng cách tối thiểu 300 - 350m. Tốc độ đào bậc dưới 150 - 200m/tháng.

Việc đổ bê tông tường được tiến hành bằng cách dùng ván khuôn cơ giới hoá với chiều dài mỗi đốt đổ bê tông 8 - 12m. Việc đổ bê tông vào khối đổ bằng bơm hoặc thiết bị cầu hoặc nâng kết hợp với máng.

Việc đổ bê tông lót đáy tiến hành khi đã kết thúc bê tông tường và xử lý xong mối nối công nghệ. Đổ bê tông đáy có thể toàn bộ một lúc hoặc chia làm hai rải dọc hầm (khi nhịp hang lớn hơn 10m). Để đổ bê tông đáy người ta thường dùng một tổ hợp tự hành để chuyển và phân phối bê tông đều trong khối đổ. Việc làm chặt bê tông bằng đầm sâu và đầm bàn (đầm mặt). Công tác cốt thép phải đi trước một bước. Tốc độ đổ bê tông đáy là 200 - 300 m/tháng.

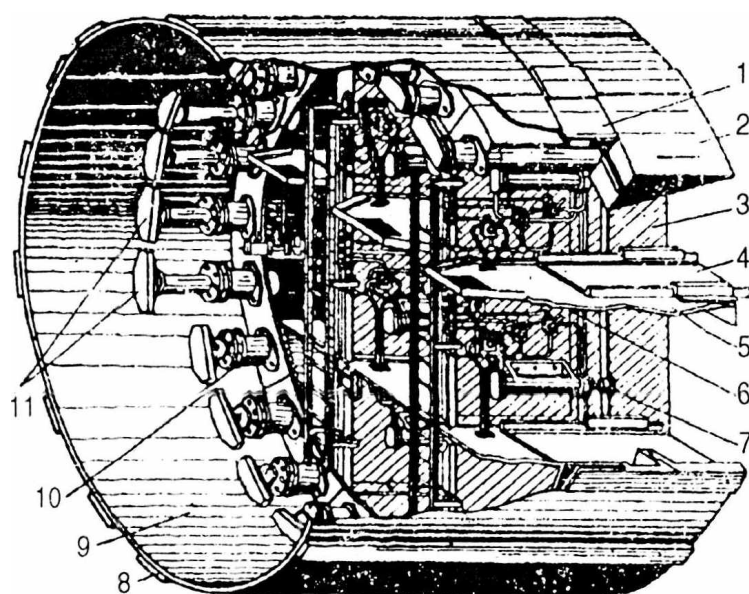
Khi đào từng bộ phận hang (phương pháp vòm trước, phương pháp nhân đỡ), việc đào hang dần tiến hành theo sơ đồ công nghệ như đối với hầm tiết diện bé. Khi quyết định tiết diện hang dần không nên chỉ chú ý với việc ổn định của hang trong quá trình đào mà phải chú ý đến sơ đồ vận chuyển vì trong nhiều trường hợp nó quyết định tiến độ đào hầm nói chung.

## Chương 9

# THI CÔNG HẦM BẰNG KHIÊN VÀ MÁY ĐÀO LIÊN HỢP

### §1. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ KHIÊN

Khiên có thể coi là vì chống bằng thép được dịch chuyển theo chu kỳ dưới tác dụng của các kích thủy lực. Vòng vỏ đầu lắp dưới sự bảo vệ của áo khiên làm gối tựa cho các kích. Hình dạng tiết diện ngang của khiên phụ thuộc vào hình dạng của tiết diện vỏ hầm, do đó có thể là tròn, elíp, yên ngựa và chữ nhật. Áp dụng phổ biến hơn là khiên tròn vì thế ta khảo sát tỉ mỉ loại này.



*Hình 9.1: Dạng chung của khiên*

- 1. vòng gối; 2. vòng lưới; 3. vách ngăn đứng;
- 4. sàn di động; 5. vách nằm ngang;
- 6. kích sàn; 7. kích gương; 8. Bản đệm;
- 9. áo khiên; 10. Kích khiên; 11. Đế kê của kích

Mặc dầu các giải pháp kết cấu của khiên có thể là rất khác nhau trong sơ đồ của chúng có thể chia làm các bộ phận cơ bản sau (hình 9.1): vòng lưới, vòng gối tựa, phần đuôi, các vách ngăn và kích khiên.

Vòng lưới dùng để cắt một phần đất mềm rời và để ngăn ngừa sụt lở.

Vòng gối tựa trực tiếp liên với vòng lưới dùng để đặt các kích thủy lực của khiên và kích đào, các ống và các công cụ để điều chỉnh.

Phần đuôi là một áo mỏng nhô ra theo kiểu công son về phía hầm để che chắn khu vực lắp ráp trên toàn chu vi vỏ hầm hoặc là chỉ ở phần nóc hầm.

Các vách ngăn theo phương ngang và phương đứng chia khiên ra thành từng ngăn công tác, cần thiết để thi công một cách an toàn trên toàn gương hầm.

Các kích khiên dùng để di chuyển khiên và trong một số trường hợp để đẩy ép nó với mục đích là đào đất.

Kết cấu khiên nói chung hoặc từng bộ phận cần phải đáp ứng các điều kiện địa chất công trình và công nghệ đào hầm.

Đối với khiên có các yêu cầu cơ bản sau đây:

Đối với mọi điều kiện đào hầm, kết cấu khiên cần phải bền, cứng, đảm bảo không thay đổi hình dạng hình học của tiết diện vỏ hầm.

Khi đào trong các đất đá đòi hỏi phải đào cơ giới thì kết cấu của khiên cần phải đảm bảo bố trí và gắn được các thiết bị đào vào nó.

Trong các đất rời và chảy kết cấu của khiên cần cho phép đặt các thiết bị chuyên dụng để chống đỡ gương đào và xúc bốc một phần đất ở trong hầm khi đẩy khiên.

Khi giao cắt với đá cứng đòi hỏi phải khoan nổ mìn, khiên và các thiết bị phụ (sàn di động) cần phải có kết cấu tin cậy.

Khi dọc theo tuyến hầm có đất đá khác nhau và cả trong tiết diện ngang hầm đất đá cũng khác nhau thì kết cấu khiên cần đảm bảo khả năng bố trí hoặc loại bỏ một phần vì chống gương...

Kết cấu khiên về nguyên tắc là kết cấu lắp ghép đảm bảo tổ hợp lại được một cách thuận lợi trong hố móng hoặc trong điều kiện ngầm, trừ trường hợp khi kích thước bé, kết cấu khiên có thể hàn hoàn toàn.

Vòng lưỡi cần có phần đỉnh (nóc) dày hơn, kích thước của nó phụ thuộc vào mức độ ổn định của đất đá. Trong các loại đất không ổn định phần đỉnh dày hơn đó có thể lớn hơn trong và một số trường hợp là di chuyển được.

Vòng gối tựa cần đủ rộng để bố trí các kích khiên; trong một số trường hợp riêng rẽ để tăng chiều dài khiên với mục đích bố trí ở trong đó các thiết bị cơ khí người ta sử dụng hai vòng gối hoặc một vòng có mở rộng.

Phần đuôi cần che chở được cho  $1 \div 2$  vòng vỏ hầm với lượng dự trữ đủ đảm bảo an toàn cho công tác tháo lắp (tháo khiên được tiến hành trong trường hợp thay thế các cấu kiện hỏng của vỏ hầm).

Các vách ngăn của khiên cần bố trí với việc tính toán để tiến hành công tác đào, xúc đất một cách thuận lợi, cũng như trong một số trường hợp, có xét đến việc bố trí các thiết bị lắp ráp vỏ hầm; ngoài ra vách ngăn đóng vai trò các cấu kiện làm cứng cho kết cấu khiên.

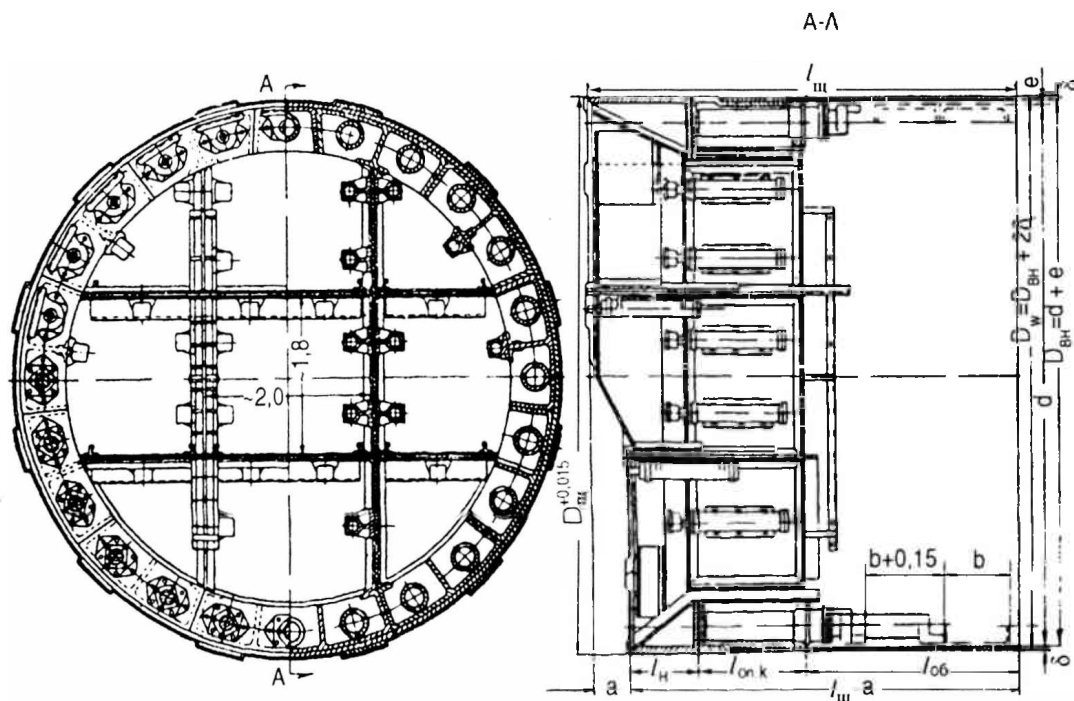
Các kích thủy lực của khiên cần bố trí và gắn vào vòng gối tựa một cách đều đặn và song song với trục của khiên, điều đó là cần thiết để điều khiển chính xác và vận hành đúng đắn khiên theo tuyến đã định sẵn.

## **§2. XÁC ĐỊNH CÁC KÍCH THƯỚC CƠ BẢN CỦA KHIÊN**

Các kích thước hình học cơ bản của khiên được xác định phụ thuộc vào đường kính vỏ hầm, vào các điều kiện của môi trường bao quanh và loại thiết bị cơ giới đào

hầm. Khi xác định kích thước của khiên thông thường các yếu tố sau đây cần được tính đến:

Đường kính ngoài của vỏ khiên  $D_{III}$  (hình 9.2) phụ thuộc trực tiếp vào đường kính hầm  $d$  xây dựng ở trong đuôi khiên. Giữa mặt ngoài của vỏ và mặt trong của áo khiên cần xem xét trước một khe hở thi công  $e$ . Khe hở này là cần thiết để lắp ghép vỏ hầm một cách thuận lợi và để đảm bảo độ sai lệch không lớn của trục khiên khỏi hướng của trục hầm khi đào đoạn cong của hầm. Trị số trung bình của khe thi công thoả mãn hai điều kiện này là gần bằng 0,8% đường kính ngoài của vỏ hầm, khe hở này thường lấy khi cấu tạo khiên.



Hình 9.2: Kết cấu khiên không cơ giới hóa

Như vậy, đường kính ngoài của áo khiên là:

$$D_{III} = d + e + 2\delta = 1,08d + 2\delta \quad (9.1)$$

ở đây  $\delta$  là chiều dày của áo khiên.

Chiều rộng vòng lưới của khiên  $L_{II}$  có thể dao động trong một phạm vi đã biết phụ thuộc vào mức độ ổn định của địa tầng bị cắt qua. Trong đất đá ổn định trị số này cần đủ để người thợ đào hầm làm việc an toàn và thuận lợi.

Kích thước 1 - 1,2 mét là thoả mãn điều kiện trên. Trong môi trường rời rạc, chiều rộng yêu cầu của phần lưới được điều chỉnh bởi các điều kiện phụ thêm của vị trí mái dốc trước mặt dưới một góc sạt trong phạm vi lưới khi gương không gia cố.

Bề rộng của vòng gối tựa  $L_{on.K}$  được xác định bởi chiều dài của xi lanh kích khiên, bố trí ở trong vòng gối tựa, loại trừ phần đầu có các thiết bị làm chặt. Theo các thông số cấu

tạo và các số liệu kinh nghiệm, bề rộng của vòng gối có thể lấy bằng hai lần trị số bước làm việc của kích khiên, tức là bằng 2 lần bề rộng của vòng vỏ hầm b.

$$L_{on.K} = 2b$$

Chiều dài của phần đuôi khiên  $L_{o\delta}$  bằng tổng của ba trị số:

$$L_{o\delta} = l_1 + l_2 + l_3$$

ở đây  $l_1$  là chiều dài trần của vỏ, lấy bằng bề rộng một vòng vỏ hầm khi đào trong địa tầng ổn định, còn khi đào trong địa tầng không ổn định thì bằng bề rộng hai vòng vỏ có dự trữ không lớn

$$l_1 = (1,2 - 2,2) b;$$

$l_2 = 0,15 \div 0,2$  mét là chiều dài khoảng trống giữa gối kích và mặt phẳng của sườn vòng của vỏ hầm.

$l_3 = 0,6 \div 0,7$  mét là chiều dài của phần đầu và phần gối của kích khiên.

Chiều dài tổng cộng của khiên:

$$L_{\text{III}} = L_H + L_{on.K} + L_{o\delta} \quad (9.2)$$

Tỉ số giữa chiều dài tổng cộng của khiên và đường kính khiên đặc trưng cho mức độ điều hoà của khiên.

Đối với các khiên không cơ giới hoá đường kính trung bình (5 - 7m), tỉ lệ này kiến nghị lấy bằng 0,75, đối với các khiên đường kính lớn lấy bằng 0,45. Tỷ lệ này đảm bảo độ điều hoà, đủ ổn định của khiên khi di chuyển theo tuyến định trước. Sự phát triển theo chiều dài của các khiên chuyên dụng và khiên cơ giới hoá phụ thuộc vào dạng thiết bị bố trí ở bên trong, và vào phương tiện làm chặt khe hở thi công. Với những khiên đường kính không lớn, chiều dài thường lớn hơn đường kính và không bị hạn chế bởi những tỉ lệ xác định nêu trên, bởi vì thành phần và kích thước các bộ phận cơ bản của khiên vẫn không đổi. Những khiên như thế chủ yếu là để xây những hầm thuỷ lợi và hầm thị chính thẳng có chiều dài không lớn với độ dốc rất bé, nơi mà độ ổn định của nó được xem là chỉ tiêu quan trọng nhất của khiên.

### §3. KHIÊN ĐƯỜNG KÍNH LỚN

#### 1. Mô tả chung

Khiên thông thường để đào các hầm nối ga metro đường kính 5,7 ÷ 6,7 mét là kết cấu bằng thép lắp ghép, có tất cả các cấu kiện cơ bản được nhắc đến ở phần trên.

Công dụng cơ bản của các khiên như thế là đảm bảo tiến hành an toàn công tác đào và lắp ghép, vì thế các cấu kiện kết cấu của khiên cần tuân theo yêu cầu này chủ yếu.

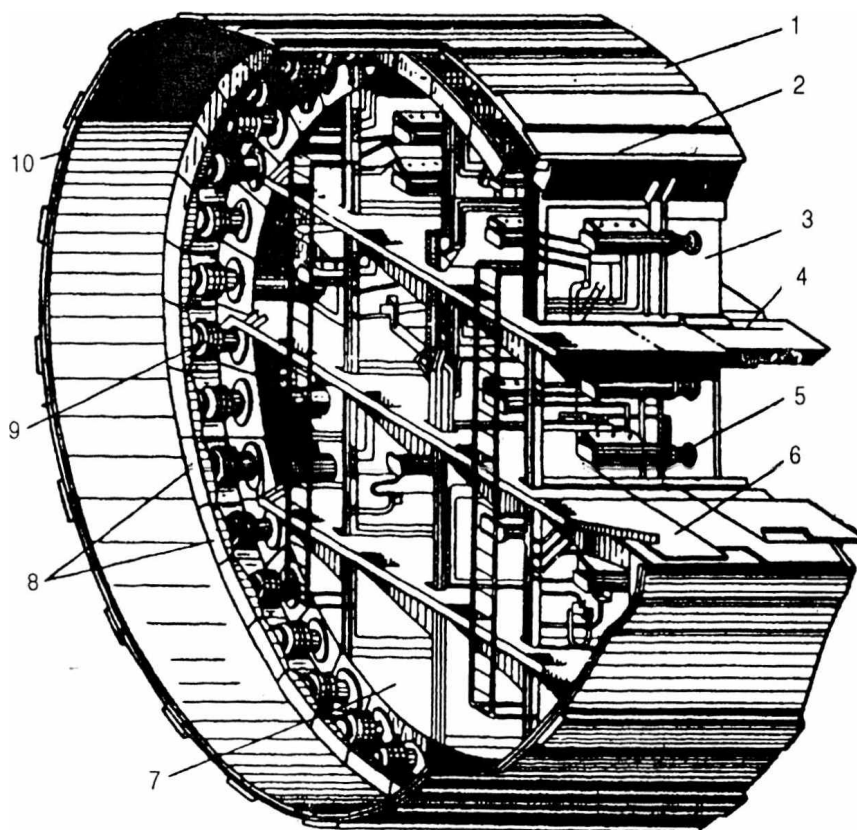


Bằng việc chia khiên ra làm 9 ngăn làm việc nhờ hai vách ngang và hai vách đứng tạo nên các điều kiện cần thiết để thực hiện nhiệm vụ đào đất đá. Việc lắp ghép vỏ hầm được tiến hành dưới sự bảo vệ tin cậy của phần đuôi khiên.

Các khiên sử dụng để xây dựng các hầm ga metro và hầm đường sắt tuyến đơn là điều thú vị của kết cấu khiên, đường kính của nó từ 8,5 đến 9,75 mét.

Khiên ga (hình 9.3) có thể làm ví dụ của kết cấu nhiều tầng có gương hở để đào hầm trong điều kiện địa tầng ổn định. Khiên có dạng và tiết diện như vậy được sử dụng để xây dựng hầm ga metro và hầm đường sắt tuyến đơn.

Về quan hệ cấu tạo khiên này là tương tự như khiên đào các hầm nối ga.

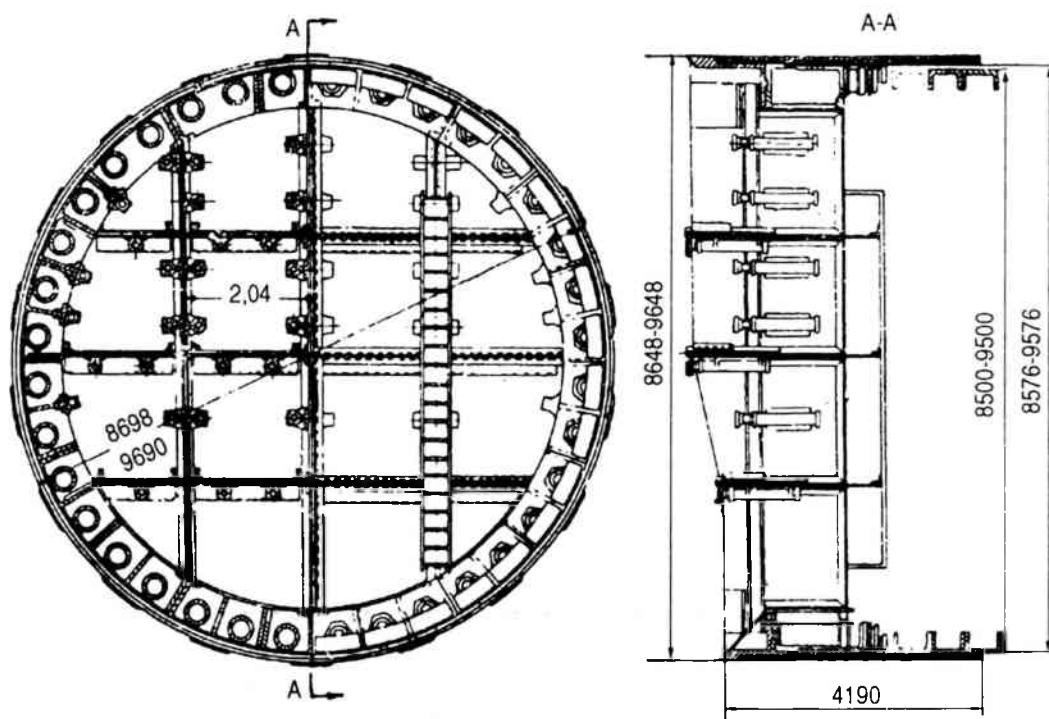


**Hình 9.3:** Dạng chung của kích đào các ga metro

1. Vòng lưỡi; 2. Vòng gối; 3. Vách đứng; 4. sàn di động; 5. kích gương;  
6. vách nằm ngang; 7. tấm thép bảo vệ; 8. vòng đỡ của kích; 9. kích khiên; 10. áo khiên.

Điểm khác với khiên hầm nối ga là kết cấu khiên ga (hình 9.4) là có nhiều vách ngăn tạo nên 12 ÷ 14 ô làm việc. Việc phân chia ba vách nằm ngang đảm bảo chia vòng gối kê của khiên làm 4 tầng chiều cao trung bình gần 2m. Việc bố trí các vách đứng có thể thực hiện theo hai sơ đồ.

Theo một trong hai sơ đồ đó, khiên được chia bởi ba vách đứng thì tạo nên trên mỗi tầng 4 ô độc lập, bề rộng mỗi ô chừng 2m. Việc phân chia các vách phụ thuộc vào điều kiện có thể bố trí trên khiên một hoặc hai thiết bị lắp các mảnh vỏ hầm.



**Hình 9.4:** Kết cấu của khiên đào ga metro

Theo sơ đồ khác trong khiên, dùng để đào hầm trong địa tầng ổn định hơn, cho phép bố trí chỉ hai vách đứng, điều đó làm cho công tác rộng hơn. Trong hàng loạt trường hợp vách đứng giữa của tầng dưới có thể bỏ đi với mục đích sử dụng máy xúc ở trong gương khiên. Một đặc biệt khác nữa trong kết cấu khiên là dùng vỏ nhiều lớp (xem hình 9.7b).

Kết cấu chịu lực của khiên gồm các vòng lưới và vòng gối tựa làm việc cùng với nhau nhờ việc liên kết chúng với nhau bằng bulông và liên kết mộng. Trong các khiên thông thường các vách ngăn nằm ngang cũng đưa vào kết cấu chịu lực như là một thanh căng. Vật liệu để làm khiên là các loại thép mác CJЛ-2; C<sub>1</sub>.2 và C<sub>1</sub>.3 (mác thép Liên Xô cũ) và các thép có tính năng tương tự.

## 2. Các cấu kiện

*Vòng lưới* (hình 9.5a) lập từ 10 ÷ 18 cấu kiện, nối với nhau bằng bulông thô. Theo các điều kiện lắp ráp ngầm việc chia vòng lưới ra làm các cấu kiện được thực hiện theo nguyên tắc phân chia vỏ hầm bằng gang. Vì vậy mỗi nối của tất cả các khối tiêu chuẩn đều có hướng bán kính và có góc ở tâm là như nhau. Mỗi nối của khối khoá và khối cạnh là không theo bán kính.

Phân tổ đúc của vòng lưới trong tiết diện theo phương bán kính là dạng sắt góc không đều cạnh (hình 9.6a), vách ngăn của khối đúc là để nối vào vòng gối tựa.

Ở mỗi một cấu kiện có một sườn cứng dạng tam giác bố trí dọc theo trục của kích khiên để trực tiếp tiếp nhận áp lực của khiên. Ở những chỗ nối của các vách ngang và vách đứng sườn có dạng chữ nhật.



di chuyển khiên. Chiều dày của vách phân tổ đúc lấy từ  $40 \div 65\text{mm}$  còn sườn cứng thì từ  $40 \div 60\text{mm}$ .

*Vòng gối tựa* (xem hình 9.5b) cũng gồm các khối giống như vòng lưới, nối với nhau. Chiều dài của cấu kiện khoá (theo cung tròn) của vòng gối tựa thường lấy ngắn hơn một chút, còn chiều dài của cấu kiện dưới cùng thì lại dài hơn tương ứng. Điều đó được giải thích là cấu kiện trên cùng cần nhẹ hơn để đơn giản hoá việc lắp ráp.

Để đảm bảo cùng làm việc của vòng lưới và vòng gối tựa thường xem xét các mộng đưa ép chặt vào các khe vòng.

Tiết diện theo phương bán kính của vòng gối tựa có dạng mặt cắt hở một vòng lưới tiếp xúc với một trong những vách thẳng đứng của nó (hình 9.6b). Trong vòng gối tựa có các sườn cứng bố trí ở hai bên của kích khiên.

Hướng của tất cả các mối nối của các cấu kiện của vòng gối đều là theo phương bán kính trừ mối nối của khối đỉnh với khối cạnh, mối nối của những phân đoạn này theo điều kiện triệt tiêu một phần những sai lệch so với phương bán kính.

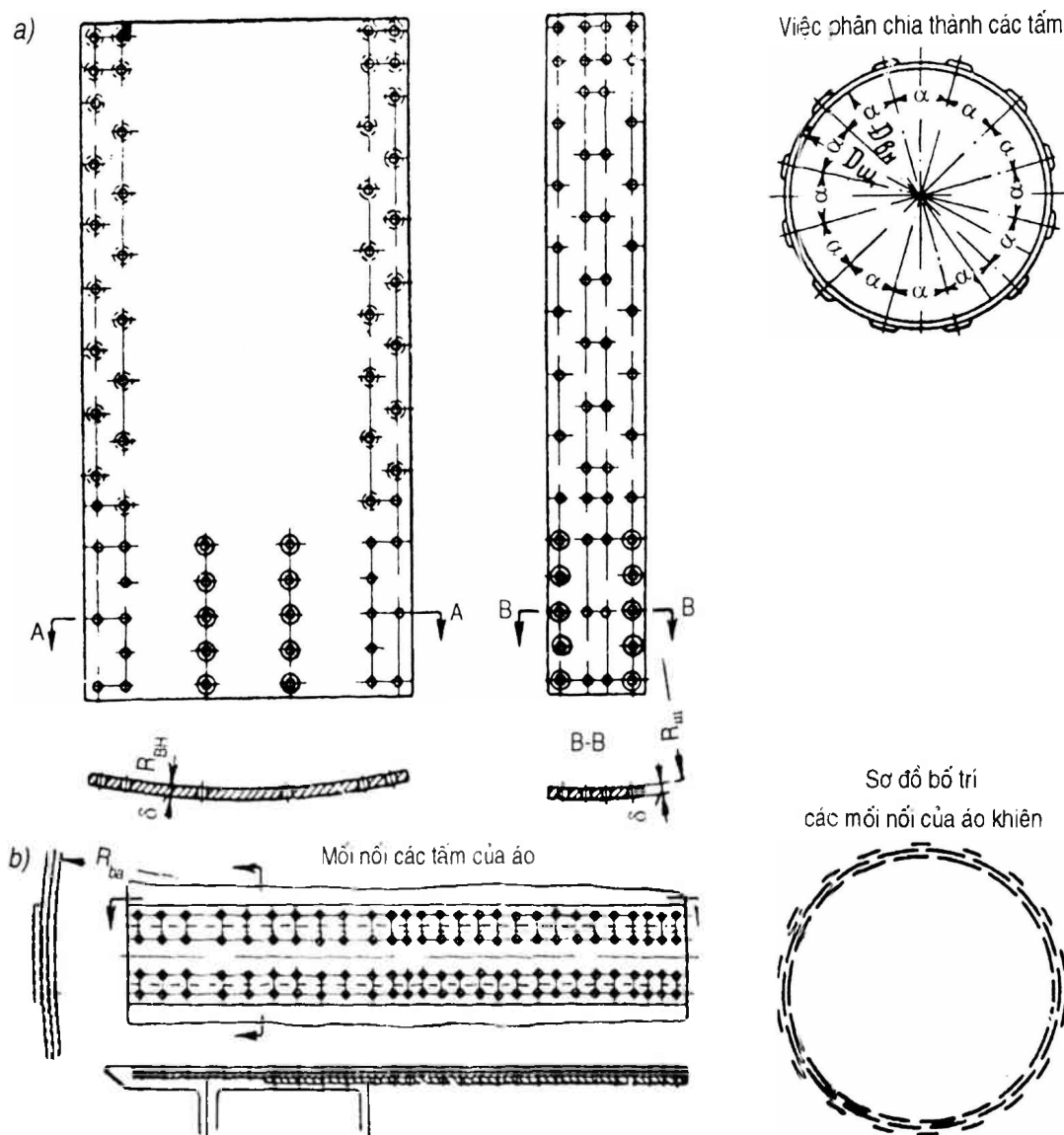
Trên phần phía trước của mặt ngoài, các cấu kiện của vòng gối tựa có phần đúc dày ra (đối diện với phần đúc dày thêm trên phân đoạn của phần lưới) để chặn các bản đệm mối nối của vỏ khiên. Trên phần lớn của mặt ngoài vòng gối tựa có hốc lõm để đặt các lá thép của áo khiên. Trên lưng các cấu kiện của vòng gối tựa có chừa lỗ theo đường kính ngoài của kích khiên.

Vách ngoài ở chỗ tăng cường vỏ khiên có chiều dày  $50 \div 60\text{mm}$  còn vách đứng dày  $50 \div 70\text{mm}$ .

*Vỏ khiên* (hình 9.7) cũng là kết cấu lắp ghép gồm các lá thép nối với nhau bằng các bản đệm. Trong vỏ một lớp các lá thép như vậy được người ta gắn lên vòng gối tựa nhờ bulông và vít. Trong vỏ nhiều lớp thì người ta gắn lên vòng gối tựa cả bó các lá thép, còn gắn lên vòng lưới thì chỉ một lớp ngoài cùng. Điều đó được giải thích là mối nối dọc giắt cấp được tạo nên sẽ tạo điều kiện làm việc tốt hơn cho kết cấu chịu lực của khiên. Chính do đặc điểm nhiều lớp của vỏ mà nó được chế tạo và lắp ráp ở nhà máy. Các cấu kiện của vỏ được chế tạo bằng cách cán - uốn các lá thép riêng rẽ rồi hàn điện chúng lại với nhau thành bó các lá thép, điều đó đòi hỏi hoàn thành các công đoạn này trong nhà máy với độ chính xác cao.

Tất cả các mối nối của bó các lá thép người ta làm hết sức chu đáo có xét đến trình tự lắp ghép chúng trong điều kiện ngâm. Việc nối các cấu kiện như vậy với nhau qua một bản đệm được người ta thực hiện nhờ ốc vít có đầu chìm hướng vào bên trong khiên để tạo khả năng tháo rời khiên.

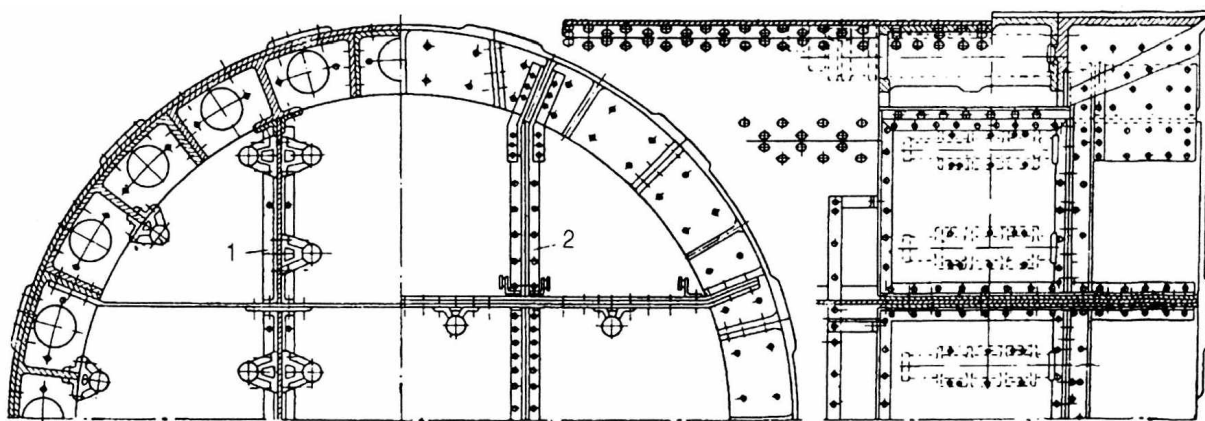
*Các vách ngăn* (hình 9.8) có ý nghĩa về mặt kết cấu khác nhau. Các vách ngang đóng vai trò thanh căng của kết cấu chịu lực. Chúng thuộc loại kết cấu quan trọng và được nối vào sườn cứng bằng bulông tinh ren kép. Thông thường các vách này được chế tạo từ thép tấm dày 18 - 20mm, có số lượng mối nối là tối thiểu, bố trí so le.



**Hình 9.7: Áo khiên**  
a) Một lớp; b) Nhiều lớp

Các vách đứng đóng vai trò thanh giằng của kết cấu chịu lực và thiết bị giữ cho gia cố gương. Mỗi một vách đứng được lập từ các cấu kiện riêng rẽ theo chiều dài, số lượng của những cấu kiện này bằng số tầng của khiên. Chiều dày của thép tấm là 18 - 20mm. Trong phạm vi vòng lưới tất cả các vách đều gồm ba lớp. Giải pháp kết cấu như vậy được giải thích bởi việc cần tăng cường các vách trong phạm vi vòng lưới, trực tiếp tiếp nhận sức kháng mặt khi di chuyển khiên.

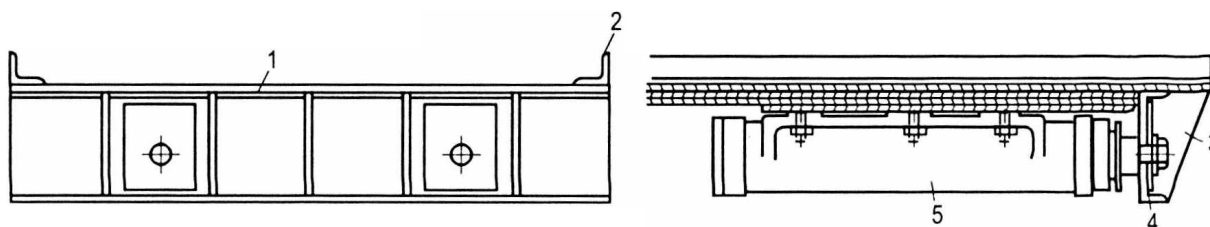
Các cấu kiện ba lớp của vách được chế tạo trong các điều kiện nhà máy, ở dạng bó, có gia cường các thép góc và thép U (xem hình 9.8). Việc nối các vách và sườn cứng của kết cấu chịu lực đảm bảo khả năng lắp ráp trong điều kiện chật hẹp và đưa vách vào làm việc. Việc nối các cấu kiện chế sẵn của vách người ta thực hiện bằng các bulông lắp ráp. Trong các tấm của vách nằm ngang có chứa sẵn các lỗ để cho các ống thủy lực và các phễu chui qua để thải đất đá.



**Hình 9.8: Kết cấu các vách của khiên**

1. vách ngăn của vòng gối; 2. vách ngăn của vòng lưởi

Các sàn di động (hình 9.9) là các tấm thép được gia cường ở hai cạnh bằng các thép góc. Các thép góc lùa vào hướng và được nối cứng với các vách ngang. Từ phía trước mỗi tấm có gắn một thép  $\perp$ , là gối tựa cho một hoặc hai kích sàn di động. Gối tựa này cũng dùng để chống giữ đá ở trước gương vì thế nó được gia cường thêm các vách cứng.



**Hình 9.9: Các sàn di động**

1. Tấm thép; 2. Thép góc; 3. Vách cứng; 4. Thép  $\perp$ ; 5. Kích gương

Việc di chuyển sàn được thực hiện từ từ theo công tác đào đất đá ở trước gương đến một bề rộng của 1 vòng vỏ hầm. Nhờ có sàn di động mà trong quá trình đào gương sàn được tiếp xúc liên tục với gương và đảm bảo sự độc lập hoàn toàn với các băng bên cạnh của khiên.

Các sàn di động được lắp trên tất cả các vách ngang trong phạm vi của từng ô công tác. Khi đó mỗi sàn ở giữa, để tránh nghiêng lệch, được di chuyển bằng hai kích, còn các sàn bên thì chỉ bằng một kích.

Tải trọng tính toán cho sàn lấy trọng lượng của hai người cùng với thiết bị thi công và trọng lượng của  $0,5\text{m}^3$  đất.

*Các tấm thép bảo vệ:* là các cấu kiện phụ của khiên, được bố trí trên toàn chu vi bên trong của kết cấu chịu lực, hoặc chỉ ở các ô phía dưới để giảm nhẹ sự làm việc của khiên bằng phương pháp cắt và để bảo vệ các kích khiên.

Các cấu kiện kết cấu vừa khảo sát và phương pháp nối chúng, đặc trưng cho các khiên thường kích thước bất kỳ, được minh họa trên ví dụ một khiên đã được sử dụng để xây dựng các hầm metro.

### 3. Nguyên tắc tính toán

Kết cấu chịu lực của khiên làm việc trong các điều kiện của một chế độ nặng nhọc dưới tác dụng của áp lực đất và các ứng lực động không thấy trước được, phát sinh khi khiên bị xiên lệch. Vì thế với tư cách là tải trọng tính toán người ta lấy một loại tải trọng gọi là tải trọng sự cố xác định bằng trọng lượng một cột đất (chiều cao không lớn hơn 50m). Tải trọng này người ta phân bố đều lên hình chiếu của khiên lên phương nằm ngang (kể cả vỏ khiên) và làm việc đồng thời của cả vòng lưỡi và vòng gối tựa.

Mối nối các vách với kết cấu vòng được coi là khớp. Trong tính toán đưa vào không chỉ các vách ngang làm việc chịu kéo, mà đặt cả các vách đứng theo cấu tạo.

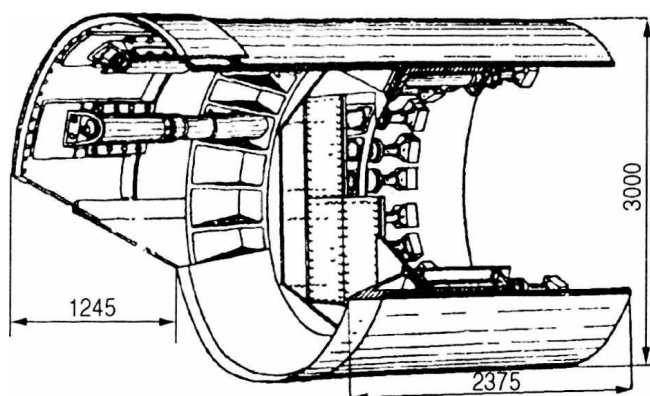
Khiên được tính như một hệ phẳng bằng các phương pháp thông thường của cơ học kết cấu có sử dụng các điều kiện đối xứng của tải trọng và kết cấu.

Việc lựa chọn tiết diện của các cấu kiện đúc được tiến hành chủ yếu xuất phát từ khả năng thực hiện chúng trong nhà máy (chiều dày của nó không nhỏ hơn 20mm). Điều đó trong một loạt trường hợp dẫn đến không sử dụng hết khả năng làm việc của vật liệu, nhưng cần được xem xét như để tiếp nhận các tác động không tính toán được.

### §4. KHIÊN ĐƯỜNG KÍNH NHỎ

Cùng với các khiên đường kính trung bình và lớn khiên đường kính nhỏ cũng được sử dụng rộng rãi, đường kính của chúng 3,6; 3,0; 2,6 và 1,5 mét (chủ yếu để xây dựng các hầm kỹ thuật đô thị và hầm thủy lợi).

Khiên đường kính 3,0 mét (hình 9.10) lần đầu tiên áp dụng ở Liên Xô cũ trên công trường xây dựng các hầm thị chính ở Matxcova, là kết cấu lắp ghép từ các cấu kiện dạng tấm có vỏ hai lớp phủ trên suốt chiều dài khiên. Phần lưỡi và vòng gối tựa gồm 6 cấu kiện thép. Để nâng cao độ cứng của khiên giữa phần cơ bản và kết cấu chịu lực có bố trí các sườn (vách).

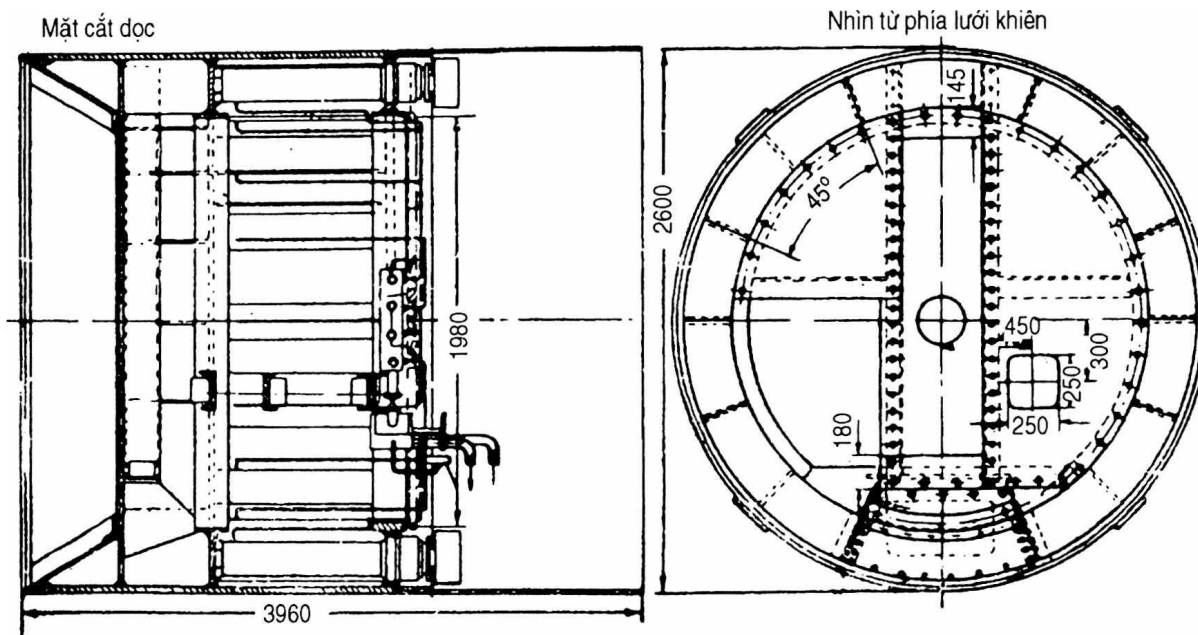


Hình 9.10: Dạng chung của khiên đường kính 3m

Đặc điểm chính của khiên là phân di chuyển hờ, dẫn động bằng 4 kích thủy lực. Chiều dài phần đuôi khiên với vòng vỏ hầm rộng 26cm được lấy là 1,04 mét và với vòng vỏ hầm rộng 60cm là 1,70 mét.

Với kết cấu đã cho khiên được tổ hợp ở xưởng; trọng lượng của khiên là 19 tấn, hạ qua một giếng vào vị trí tập kết.

Khiên đường kính 2,6 mét (hình 9.11) khác với khiên vừa khảo sát trên là kết cấu hàn nguyên cả vòng.



**Hình 9.11:** Kết cấu của khiên đường kính 2,6m

Vỏ của khiên được đưa vào làm một phần của kết cấu chịu lực với mặt trong của nó có bố trí ba sườn dạng vòng, tạo nên vòng lưới và vòng gối tựa. Tại mặt phẳng của sườn vòng phía trước có vách chắn kín có chứa 4 lỗ kích thước  $250 \times 250\text{mm}$  để đào trong bùn. Trong vách có bố trí các cửa kích thước  $650 \times 900\text{mm}$ . Các cửa này có thể mở để vào gương và để thu gom bùn. Khi đào trong đất ổn định tất cả vách chắn này có thể được tháo đi.

Với mục đích cơ giới hoá thi công trong khiên có xem xét đến khả năng đặt các thiết bị đào; vì vậy trong vách trước mặt có một lỗ van làm việc, và một lỗ khác để vận chuyển, còn trong vòng gối tựa có các dầm ngang để đặt máy.

Ở các sườn vòng cũng chứa các lỗ để cho các kích chống xuyên qua.

Trọng lượng chung của khiên (kể cả kích) là gần 14 tấn. Kích được vận chuyển đến và hạ qua giếng ở dạng đã tổ hợp sẵn.

## §5. BÁN KHIÊN

### 1. Mô tả chung

Để đào hầm trong địa tầng hỗn hợp cứng ở dưới, mềm hoặc ổn định trung bình ở trên, tiết diện đào hợp lý của hầm là dùng khiên có tiết diện không khép kín, hay còn gọi là bán khiên.

Bán khiên là một vì chống thép di động có hình dạng như phần trên của tiết diện ngang của hầm.



Đất đá tự nhiên được đào cẩn thận trước mỗi lần di chuyển của bán khiên; các gối toàn khối được xây dựng trước trong hang dẫn, hoặc trong các hầm đường kính không lớn và các kết cấu lắp ghép nhân tạo được xây dựng khi đào các hầm bên đều có thể làm nền cho bán khiên.

Các công tác đào phần trên của hầm được tiến hành dưới sự bảo vệ của kết cấu bán khiên bằng thép. Phần dưới của tiết diện khi có các gối kê được đào như phương pháp đào hở với việc sử dụng các thiết bị cơ giới cỡ lớn. Đây chính là ưu điểm của phương pháp này.

Các công tác lắp ráp được thực hiện tuân tự trong các phần bên trên và phần bên dưới hoặc đồng thời trên toàn tiết diện.

Để đào hầm nhịp lớn, ví dụ, ga metro một vòm có thể dùng bán khiên dạng elíp hay dạng hộp. Trong các hang dẫn hoặc trong hầm bố trí trước theo hai bên hang, cần xây tường gối tựa. Những hầm như thế có thể đào bằng khiên thường hoặc khiên cơ giới hoá đường kính 3 ÷ 5 mét và gia cố bằng vỏ nhẹ. Các tường gối tựa được đưa vào thành phần của kết cấu ga trong tương lai.

Sau khi xây dựng và củng cố các tường gối người ta chuyển sang đào bằng bán khiên cùng với việc tháo từng bộ phận của vỏ hầm bên. Việc đào nhân ở giữa thường được tiến hành sau khi kết thúc toàn bộ công tác lắp ráp.

Trong thực tế xây dựng hầm ở Liên Xô cũ bán khiên đã được sử dụng khi xây dựng các ga métro đất sâu và khi sửa chữa các hầm đường sắt. Thực tế xây dựng hầm ở các nước ngoài khác đã có hàng loạt ví dụ về việc áp dụng bán khiên để xây dựng những hầm lớn trong đô thị và các đoạn đường dẫn vào hầm dưới nước nhịp đến 15 mét.

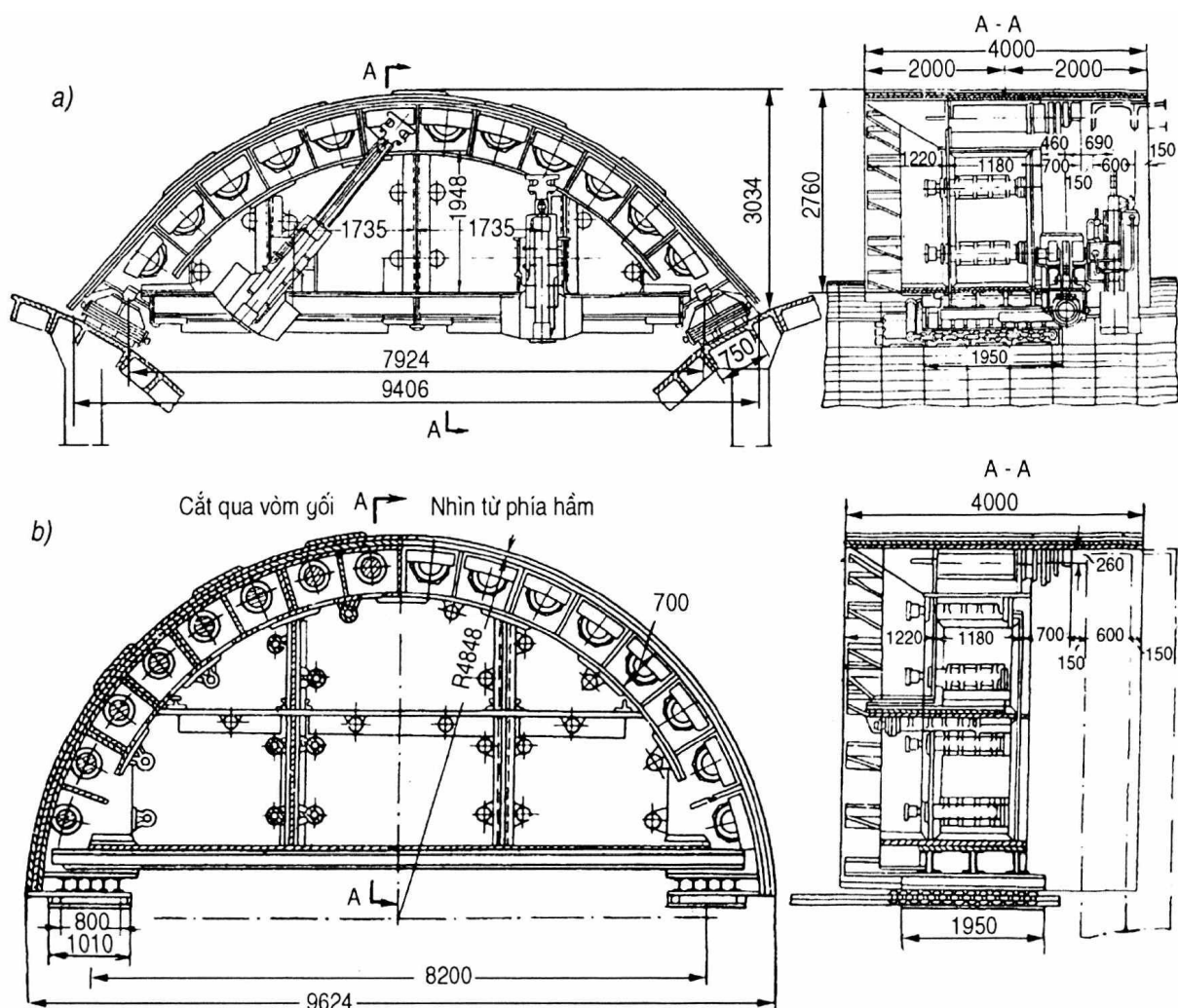
Bán khiên có thể được sử dụng khi xây dựng các hầm nối ga, các ga metro dạng khác nhau cũng như các hầm tiết diện lớn có công dụng bất kỳ khác.

## **2. Kết cấu**

Bán khiên để đào phần giữa của ga metro dạng cột (hình 9.12) là một vì chống di động bằng thép có dạng vòm có thanh căng từ những cấu kiện khá lớn dạng kết cấu hàn.

Các kết cấu cơ bản của bán khiên gồm: Vỏ; vòm tựa có thanh căng, đồng thời làm sàn để đào đất đá ở trong gương; các vách ngăn, làm việc như sàn treo, chia bán khiên thành các ô riêng rẽ. Các vách đứng, lập từ các tấm thép ( $\delta = 30\text{mm}$ ) được gia cường bằng các thép góc làm gối kê để chống đỡ gương đào bằng cách kích thủy lực.

Vòm gối tựa chia bán khiên theo chiều dài ra làm phần đuôi và phần lưỡi. Phần đuôi được tạo nên bởi một áo thép, còn phần lưỡi cũng là áo thép này nhưng được gia cường bằng các thép góc làm sườn cứng, theo chiều ngược lại với mỗi kích khiên. Để có thể lắp ráp bán khiên trong điều kiện chật hẹp ngầm và để chuyên chở thuận lợi kết cấu áo, vòm tựa, thanh căng được lắp từ các cấu kiện lớn bằng bulông.



**Hình 9.12: Kết cấu của bán khiên**

a) Dùng cho ga ba vòm của ga metro dạng cột;

b) Dùng cho ga hai - ba vòm, hầm thành phố và hầm trên đường ô tô

Vỏ và vòm tựa được tạo nên từ 6 ÷ 7 cấu kiện lắp ghép có chứa hai kích khiên. Mỗi một cấu kiện lắp ghép là một kết cấu hàn dạng hộp có trang bị các sườn cứng ở biên và vách giữa bằng thép bản ( $\delta = 22 \div 30\text{mm}$ ).

Ở các cấu kiện gối được bố trí các vách dọc ( $\delta = 30\text{mm}$ ) dùng làm chỗ để lắp ghép thanh căng. Thanh căng lập từ 6 - 8 thép U (N<sup>o</sup>24-26) được phủ thép tấm dày ( $\delta = 20 \div 22\text{mm}$ ) và tạo nên sàn công tác).

Phần gối của bán khiên có các khớp, đảm bảo phân bố đều áp lực lên các dầm kê với bất kể góc nghiêng nào của dầm kê. Mặt phẳng gối dưới dầm kê được tạo nên nhờ các đệm thép đặt trên mặt phẳng trượt của vì chu bin của hầm bên qua các nêm.

Sau mỗi lần di chuyển bán khiên phần trên đệm, cấu tạo từ ba phần và hai dầm kê được di chuyển sang phần lườn.

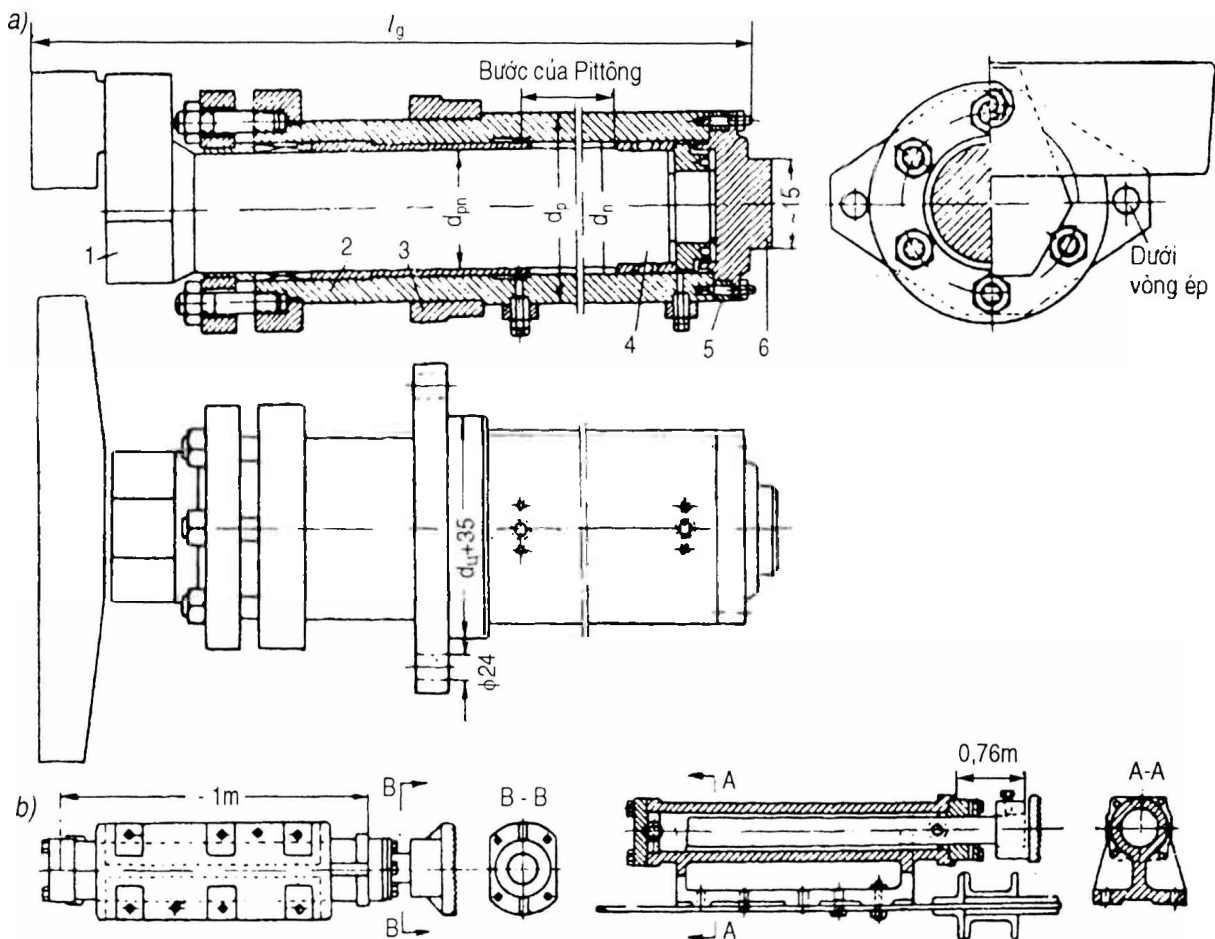
Khi xây dựng các ga metro hai hay ba vòm cũng như hầm ô tô hoặc hầm thành phố có thể áp dụng bán khiên dạng nửa vòng tròn (xem hình 9.12b). Ở kết cấu như vậy có thể

sử dụng phần gối dạng dầm kê hoặc dạng trượt. Khi trượt thì phần kê là một bó các dầm dọc kê lên một tấm thép và được sử dụng trong đất dẻo.

## §6. THIẾT BỊ THUỶ LỰC CỦA KHIÊN

### 1. Kích thuỷ lực của khiên

Những kích này (hình 9.13a) dùng để di chuyển khiên theo chu kỳ phù hợp với mức độ xây dựng các vòng vỏ hầm. Vị trí của các kích trong vòng gối tựa như một nguyên tắc là phân bố đều, điều đó đảm bảo khả năng di chuyển khiên đúng theo tuyến đã định trước. Cũng không loại trừ khi đào trong địa tầng không ổn định đôi khi người ta bố trí một số lượng lớn kích trong phần dưới của khiên.



**Hình 9.13: Các kích khiên**

a) Kích khiên; b) Kích gương

1. Đế kích; 2. xilanh; 3. vòng xích; 4. pistông; 5. dây tháo ra được

Kích thuỷ lực lập từ ống thép hình trụ 2 có mặt xích 3, nhờ nó mà kích được gắn vào vách của vòng gối tựa. Trục của kích được bố trí song song tuyệt đối với trục khiên, điều đó được đảm bảo bằng việc đưa đầu nhô dạng trụ 6 của kích vào lỗ ở vách đối diện của vòng gối tựa.

Từ phía mặt phẳng làm việc của kích có tạo nên một đế 5 có thể tháo ra được, cho phép điều chỉnh độ khít của vòng pistông mà không cần phải tháo kích ra khỏi khiên, nhờ nó mà rút ngắn đáng kể thời gian sửa chữa.

Trong thành phần của kích còn có đế kích 1 với pistông 4 trên đó có gắn vòng pistông và măng xét, đảm bảo mức độ khít theo yêu cầu, điều đó ngăn chảy dầu áp lực cao từ khoang làm việc sang khoang không làm việc. Vòng (xecmăng) cùng với phốt (măngxét) được ép vào đầu cần của đế nhờ các rông đen và ốc bắt vít vào vòng đế của kích. Đế xuyên qua mặt bích phía trước cũng được làm chặt khít đặc biệt. Trong thành phần bộ phận làm chặt này có: vỏ ống định hướng, vòng chèn dạng đóng và vòng ép được gá vào nhờ vít giữ.

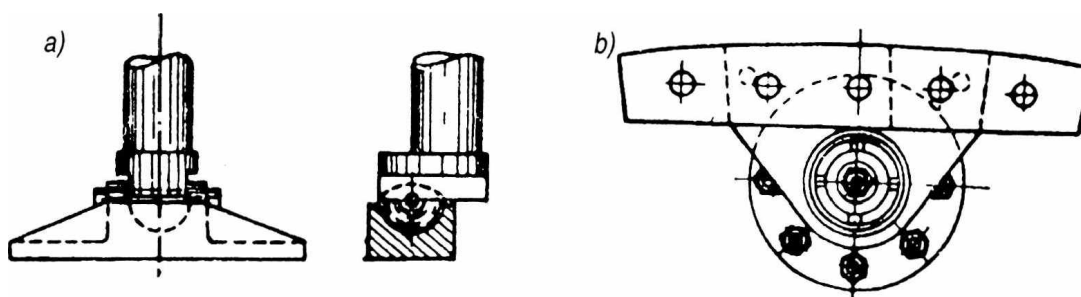
Để cấp dầu vào kích trong xilanh có hai lỗ tương ứng với các bước tiến lên và ngược lại của xilanh, như vậy kích khiên là thuộc loại máy thuỷ lực hoạt động kép. Với tư cách là chất lỏng làm việc người ta dùng nước cùng với các phụ gia chống rò rỉ, dầu kỹ thuật. Việc sử dụng chúng đảm bảo sự làm việc lâu dài của kích.

Kích thuỷ lực được bố trí vào khiên như thế nào đó để xi lanh khi cấp dầu sẽ chuyển động về phía trước cũng chính là dịch chuyển toàn bộ khiên về phía trước. Gối kê đế kích ở vị trí bất động và gối đó chính là mặt phẳng đầu của vòng vỏ hầm.

Để truyền đúng đắn áp lực của kích lên vỏ hầm dạng này hay dạng khác phần gối của đuôi kích phải có hình dạng sao cho đảm bảo nén đồng đều vỏ hầm.

Ví như với vỏ hầm lắp từ các khối đặc việc truyền ứng lực xảy ra gần như theo trục của kích vì thế phần gối có dạng đối xứng.

Trong trường hợp dùng vỏ không đặc (có sườn) phần gối của đế kích cần có dạng lệch tâm để truyền áp lực theo khả năng gắn vào áo của vỏ hầm tránh làm hỏng (vỡ các sườn). Bởi vì trong trường hợp này chính đế của kích phải chịu uốn dưới ảnh hưởng của mômen uốn, điều này cần phải xét đến khi quyết định chiều dài của cánh tay định hướng và đường kính của đế kích. Để đảm bảo tựa đúng đắn kích lên mặt phẳng đầu của vỏ hầm dạng bất kỳ trong trường hợp kích có nghiêng lệch nào đó việc nối khớp giữa đế đệm và vòng đuôi của kích được áp dụng một cách hợp lý (hình 9.14a).



**Hình 9.14:** Phần gối của đế kích  
a) Đế tựa; b) Băng chèn làm chặt

Thường thường các băng thép để giữ vữa được ép lên vỏ hãm (hình 9.14b) được gắn vào phần gối của đế kích. Khi chuyển động tất cả các kích các băng thép này tạo nên một vòng kín đẩy lên khe hở thi công giữa vỏ và khiên.

## 2. Các kích chống gương và kích sàn công tác

Những kích này (xem hình 9.13b) là các máy thủy lực hoạt động kép. Các kích được cấu tạo sao cho khi di chuyển khiên, chúng chịu áp lực của dầu, nhưng lực vượt trội của kích khiên làm di chuyển cưỡng bức đế của kích gương vào xi lanh của chúng bằng cách ép chặt chất lỏng lại. Nhờ đó mà áp lực đồng đều và cố định lên gương được đảm bảo. Trong mỗi ô làm việc của khiên thường bố trí một số chấn kích để đảm bảo chống đỡ gương một cách tin cậy và thuận lợi. Ngoại trừ ở các ô góc, nơi mà chỗ không đủ, có thể dùng số lẻ các kích chống gương. Điều này có làm khó khăn cho công tác chống lại gương. Khi đào trong địa tầng bền, ổn định không đòi hỏi phải chống gương, thì không cần bố trí các kích gương.

Vai trò của các kích sàn là di chuyển các sàn đi động. Việc bố trí nó như đã nêu ở trên.

Kết cấu của các kích phụ là tương tự như các kích khiên nhưng theo tính chất làm việc và sự phân bố của chất lỏng chúng khá khác nhau.

Ví như, ở kích khiên (xem hình 9.13a), khi đi thẳng (tiến) chất lỏng chỉ cấp vào khoang làm việc. Khi đó áp lực  $P_n$  được phát triển bằng tích của áp suất chất lỏng  $q$  với diện tích của tiết diện ngang pistông  $F$  tức là:

$$P_n = qF, \text{ (kg)}$$

Việc ép chất lỏng từ khoang không làm việc ra thì không thể hiện sức cản lại.

Khi thực hiện chiều ngược lại, áp lực tương ứng  $P_{o\delta}$  lên diện tích vành khăn của pistông  $f$  trong khoang không làm việc được xác định như sau:

$$P_{o\delta} = qf \text{ (kg)}$$

Thông thường theo các thông số cấu tạo người ta lấy:

$$f = 0,25F$$

Đối với kích gương cần phải tuân theo điều kiện cơ bản là khả năng di chuyển cưỡng bức đế kích khi di chuyển khiên. Tình huống đó xác định trước sự liên hệ liên thủy lực liên tục giữa các ngăn làm việc và ngăn không làm việc của kích. Do đó khi di chuyển kích về phía trước chất lỏng đồng thời cấp vào cả hai khoang và có áp lực cả hai phía lên pistông, có diện tích tiết diện ngang không bằng nhau là  $F_z$  và  $f_z$ . Kết quả lực ép kích  $P_z$  (kg) có thể được xác định như là sự khác nhau của các áp lực này, tức là bằng:

$$P_z = q(F_z - f_z) \text{ (kg)} \quad (9.3)$$

## 3. Việc cấp năng lượng

Các kích khiên và kích gương làm việc không phụ thuộc vào nhau, cần phải cung cấp năng lượng từ hai nguồn độc lập.

Áp lực yêu cầu của chất lỏng làm việc của các kích khiên được đảm bảo từ trạm năng lượng là trạm bơm được bố trí trong phạm vi hầm trên một xe phụ hoặc trực tiếp trên khiên.

Cường độ của áp lực trong mạng thuỷ lực phụ thuộc vào các điều kiện địa chất, nơi dùng khiên để đào cũng như phương pháp thi công đã chọn.

Trong trường hợp sử dụng khiên như là công cụ để cắt đất mềm hoặc ép đất lỏng, có một phần chui vào trong hầm, thì áp lực của chất lỏng làm việc người ta lấy đến 350 - 400at và lớn hơn. Trong các điều kiện thông thường thì nó chỉ giới hạn ở trị số  $150 \div 200$  at.

Để đưa các kích sàn và kích gương vào làm việc áp lực của chất lỏng chỉ là  $30 \div 50$  at là đủ. Khi đào trong địa tầng không ổn định, nơi cần phải chống gương một cách liên tục người ta sử dụng trạm thuỷ lực chuyên dùng làm nguồn năng lượng, giữ áp lực cố định trong mạng trực tiếp bằng một bộ tích tải trung gian. Bộ tích này nhận chất lỏng làm việc từ trạm bơm. Chất lỏng được nén tạo áp lực lên chân kích, đẩy nó lên cùng với tải chất vào phần bên trên. Sau khi tự động đưa bơm vào làm việc cùng với tải trọng, tạo nên áp lực không đổi với trị số đã cho. Để giảm kích thước khuôn khổ của thiết bị, bố trí trực tiếp ở trong hầm, có thể sử dụng bộ tích kiểu khí nén.

Khi đào trong các loại địa tầng không có áp lực chủ động lên gương, tức là, nơi không cần phải có kích gương, nguồn năng lượng cho các kích sàn có thể lấy từ bơm chính. Để đảm nhiệm chức năng này thiết bị cần có các van và ống nhánh phụ thêm.

**Bơm thuỷ lực** áp lực cao dùng khi đào bằng khiên có kích thước khuôn khổ không lớn và có thể đặt trên một xe phụ hoặc trực tiếp trên ô công tác của khiên.

Năng suất của bơm được thiết lập phụ thuộc vào số lượng và kích thước của các kích mà nó phục vụ và trong khoảng  $5000 \div 15000$  at-/phút.

#### **4. Mạng và máy thuỷ lực**

Các ống thuỷ lực dùng để dẫn chất lỏng có áp lực đến khiên và các kích phụ và để hồi các chất lỏng sau khi làm việc về bơm.

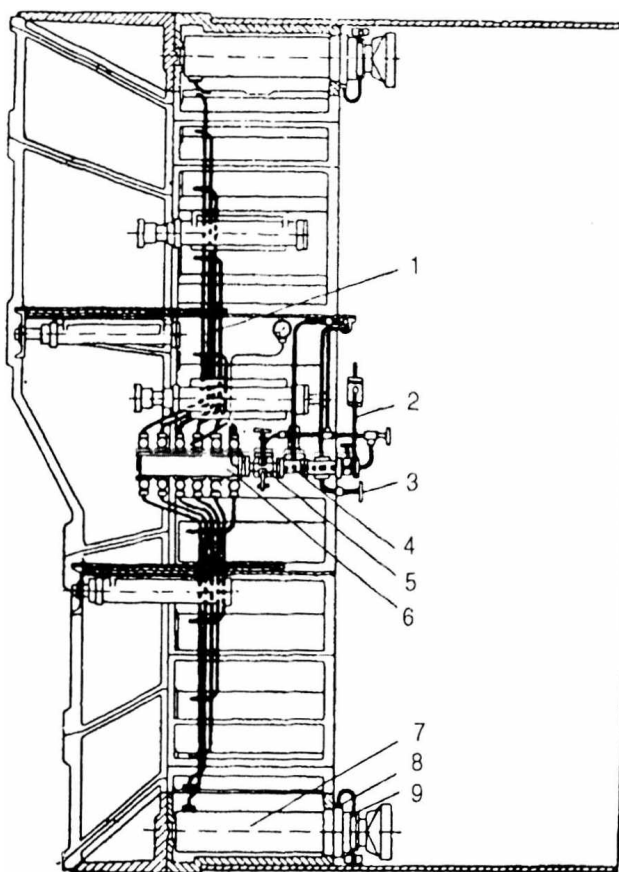
Tuỳ thuộc vào công dụng của kích, phụ thuộc vào áp lực người ta chia làm hai hệ: hệ áp lực cao và hệ áp lực trung bình. Hệ áp lực cao tạo nên chu kỳ làm việc kín của chất lỏng - từ bơm đến kích khiên và ngược lại; hệ áp lực trung bình là từ thiết bị áp lực đến các kích phụ và ngược lại.

**Mạng áp lực cao** (hình 9.15) là một hệ ống đi từ bơm đặt trên xe (hoặc trên khiên) đến các van khởi động và điều chỉnh trên khiên và tiếp theo là đến từng kích khiên. Phần đầu của đường chất lỏng là đi theo các ống thép nối khớp nằm giữa xe và khiên, và đi vào van tiếp nhận 3 của đường dẫn chất lỏng áp lực cao trên khiên, tiếp theo qua van an toàn 4, van ba nhánh chính 5 và bộ phân phối 6 với các van tương ứng với số lượng kích, từ đó theo ống 1 đến khoang làm việc của kích khiên 7. Để đảm bảo bước tiến về phía trước của kích người ta đặt ở một vị trí xác định tay điều khiển của van ba nhánh và van

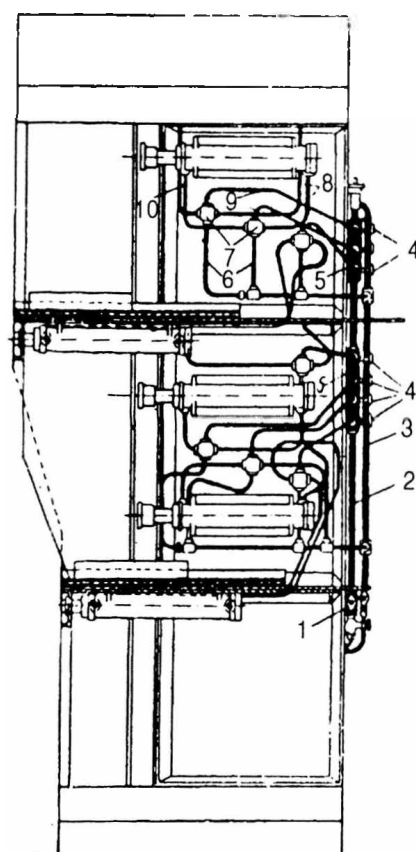
kích tương ứng. Khi đó chất lỏng có thể lấp đầy khoang làm việc của tất cả các kích của một nhóm kích nhất định và từng kích bất kỳ, điều đó tạo nên khả năng điều khiển khiên. Để đưa đế kích về vị trí xuất phát cần phải chuyển áp lực vào khoang không làm việc, từ đó chuyển hướng nó qua van ba nhánh về mạng hồi.

Sự chuyển động đồng thời của một nhóm kích theo hướng tiến của kích (tương ứng với quá trình nén các cấu kiện vỏ hầm mới lắp) và hướng ngược lại để xây lắp tuần tự các cấu kiện vỏ với một van ba nhánh là không thể thực hiện được, bởi vì khi đóng chất lỏng làm việc bất kỳ đều qua van này.

Từ phía khoang không làm việc của mỗi kích khiên ống hồi 9 được nối rẽ nhánh vào khâu nối 8 bố trí trên ống chung, theo nó chất lỏng đi vào van và nhánh theo ống nối 2.



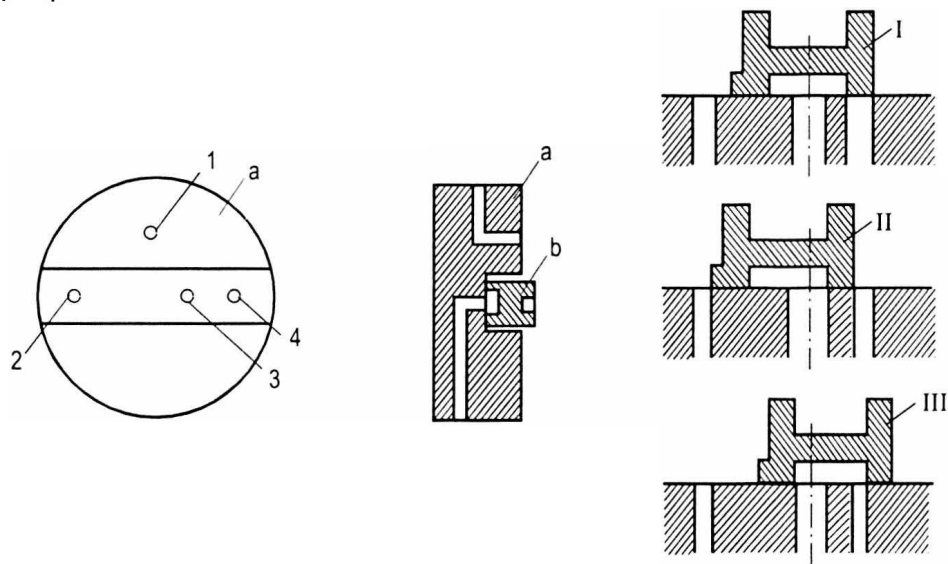
**Hình 9.15:** Mạng thủy lực áp lực cao



**Hình 9.16:** Mạng thủy lực áp lực trung bình

**Mạng áp lực trung bình** (hình 9.16) là một hệ ống cùng với các van tương ứng nằm giữa thiết bị áp lực và các kích phụ. Chất lỏng đi vào khiên theo các ống nối với các thiết bị bằng dạng khớp ở khâu cuối cùng, tiếp xúc với van tiếp nhận 1. Từ đó theo ống 2 chất lỏng đi vào bộ phân phối 5, van 4 và ống 9 đến cụm điều khiển 7. Tiếp theo chất lỏng theo ống 8 và 10 đến từng kích. Cũng theo những ống này chất lỏng trở về qua bộ điều khiển và theo ống 6 về ống hồi chung 3 tiếp theo về thiết bị áp lực.

**Thiết bị điều khiển** (hình 9.17) dùng để phân phối chất lỏng áp lực trung bình vào các xi lanh của các kích phụ khi tiến, cũng như để hồi chất lỏng khi để kích thực hiện bước ngược lại.



**Hình 9.17:** Bộ điều khiển đóng ngắt mạng thủy lực

Sơ đồ nguyên tắc của thiết bị điều khiển bao gồm một đĩa a có 4 lỗ 1, 2, 3, 4, trong đó ba lỗ sau là trùng với rãnh mà nắp đậy b dịch chuyển nhờ một tay nắm có khối truyền động lệch tâm. Nắp đậy này tùy thuộc vào vị trí I, II, III của nó mà nhóm lỗ này hay nhóm lỗ khác bị đóng lại. Qua lỗ 1 thường xuyên mở, chất lỏng đi vào bộ điều khiển. Lỗ 2 và 4 để lưu thông chất lỏng tương ứng với khoang không làm việc và khoang làm việc của kích. Lỗ 3 dẫn về ống hồi. Với thiết bị phân phối như vậy bước tiến về phía trước của kích được đảm bảo do độ chênh áp lực của chất lỏng được cấp đồng thời vào hai phía của pistông. Để kích có thể tồn tại đàn hồi trong xilanh mà không mất trạng thái ứng suất của hệ. Việc điều khiển các kích phụ được thực hiện theo từng ô của khiên và thực hiện bằng việc nghiêng tay quay về phía mong muốn.

## §7. THIẾT BỊ LẮP CÁC KHỐI VỎ HẦM

### 1. Khái niệm chung

Để cơ giới hoá lắp ráp vỏ hầm, tiến hành dưới đuôi khiên người ta sử dụng các thiết bị chuyên dùng, phân loại theo năng lượng dẫn động, sơ đồ động học, hình dạng kết cấu và vị trí lắp đặt.

Theo dấu hiệu thứ nhất các máy lắp đặt vỏ hầm được chia ra làm máy thủy lực, điện khí nén và máy liên hợp.

Theo sơ đồ truyền động máy lắp đặt vỏ hầm chia ra làm máy kiểu đòn bẩy và máy loại cung tròn bố trí trên một kết cấu gối tựa hoặc trực tiếp trên khiên.

Khi bố trí các máy lắp đặt trên thiết bị gối tựa không phụ thuộc vào khiên một tổ hợp độc lập được tạo nên để làm hàng loạt chức năng khác nhau. Một tổ hợp như vậy có



chức năng chính là lắp ráp vỏ hầm, sử dụng để bố trí các thiết bị khác nhau và làm giá công tác để tiến hành các công tác chính phụ khác nhau.

Để triệt tiêu sự cản trở lẫn nhau giữa thi công lắp đặt các cấu kiện vỏ và thải đất đá người ta sử dụng tổ hợp thiết bị có trục rỗng. Bên trong trục người ta bố trí băng tải để chuyển đất đá từ gương ra phía hầm. Với mục đích rút ngắn quá trình, đôi khi người ta sử dụng hai cánh tay đòn của thiết bị. Theo sơ đồ một người ta bố trí chúng bên cạnh vách đứng của khiên với tính toán thế nào đó để giữa chúng có vùng trung hoà không bị giao cắt bởi các cánh tay đòn trong quá trình làm việc. Trong vùng này người ta bố trí băng tải. Theo sơ đồ khác hai cánh tay đòn người ta bố trí trên trục rỗng (xem hình 9.20 dưới đây).

Trong trường hợp sử dụng vỏ hầm từ các khối đặc thì thiết bị được dùng để giữ trên giá vòm các vòng chưa khép kín của vỏ hầm.

Sơ đồ kết cấu của thiết bị phụ thuộc vào vật liệu và dạng vỏ hầm được sử dụng, vào kích thước tiết diện ngang và mức độ cơ giới hoá thi công. Phụ thuộc vào các yếu tố này người ta thiết lập các gối ở mức cao hơn hoặc trực tiếp trên phần đáy của hầm (xem hình 9.21). Trọng lượng bản thân của thiết bị loại một cần được xét đến khi tính toán vòng vỏ, còn sơ đồ hai thì tựa một cách thuận lợi hơn đối với sự làm việc tĩnh của vỏ không tham gia vào sự tác động đàn hồi tương hỗ với địa tầng, bởi vì trọng lượng bản thân của thiết bị được truyền lên phần đáy của hầm.

Diện công tác rộng trong phần dưới của hầm và có khả năng đặt kịp thời các thanh căng là ưu điểm của thiết bị theo sơ đồ thứ nhất.

Việc bố trí trên thiết bị các trang bị cơ bản cần được thực hiện theo nguyên tắc cân bằng theo phương dọc và phương ngang với tất cả các trạng thái làm việc, sử dụng an toàn và thuận tiện nhất.

Thành phần các trang thiết bị và việc khai thác chúng cần đáp ứng các điều kiện kẹp giữ và tiến hành thi công an toàn.

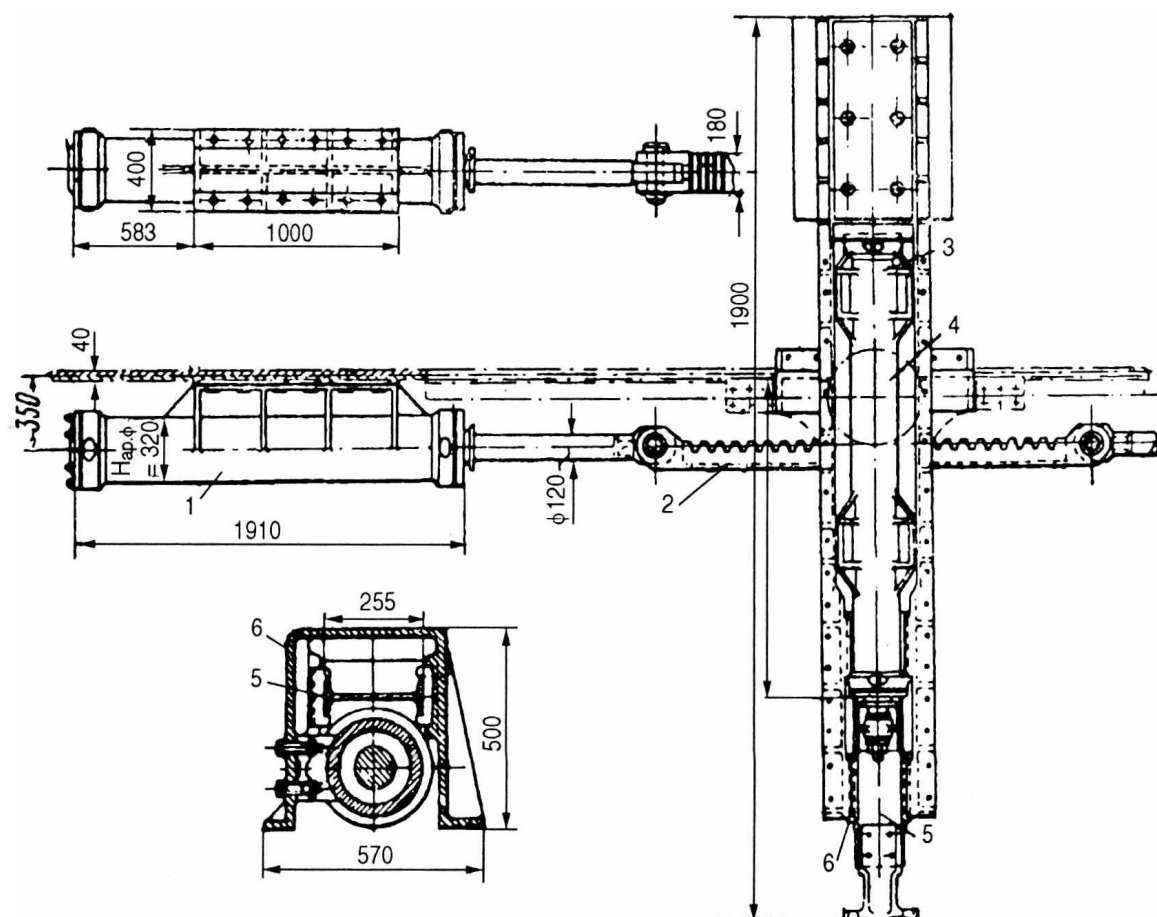
Kết cấu của các thiết bị lắp ghép vỏ hầm dạng chu bin hoặc khối đặc là khác nhau. Dưới đây khảo sát các giải pháp đặc trưng nhất của chúng.

## **2. Thiết bị lắp ráp vỏ hầm dạng đòn**

Thiết bị lắp ráp vỏ hầm truyền động thuỷ lực (hình 9.18) có đặc điểm đơn giản và tin cậy trong điều khiển và cấu tạo thiết bị, kích thước tương đối nhỏ, vận hành khai thác an toàn. Thiết bị lắp ráp loại này có thể bố trí riêng trên khung hoặc trên khiên.

Kết cấu đòn của thiết bị (xem hình 9.18) là một thân 6 bằng thép, bên trong của nó có bố trí một dầm di động được 5 có khoá ở đầu. Để di chuyển nó sử dụng kích thuỷ lực 3 gắn lên thân của đòn. Sự hoạt động liên tục của đòn được thực hiện nhờ việc cấp chất lỏng vào kích qua van 4.

Đòn xoay được nhờ một động cơ thủy lực, lập từ hai kích 1 và một thanh răng 2 bố trí trên một trục của kích. Nhờ việc cấp đồng thời chất lỏng làm việc vào khoang làm việc của một kích và vào khoang không làm việc của kích khác, hợp lực của hai kích sẽ thực hiện chuyển động theo hướng bất kỳ.



**Hình 9.18:** Thiết bị lắp ráp vỏ hãm truyền động thủy lực

1. Kích để xoay; 2. Thanh răng; 3. Kích để dẫn dài; 4. Trục;  
5. Dầm di động; 6. Thân bằng thép

Việc dịch chuyển tịnh tiến của đòn được thực hiện nhờ một kích phụ bố trí ở đầu trục chính.

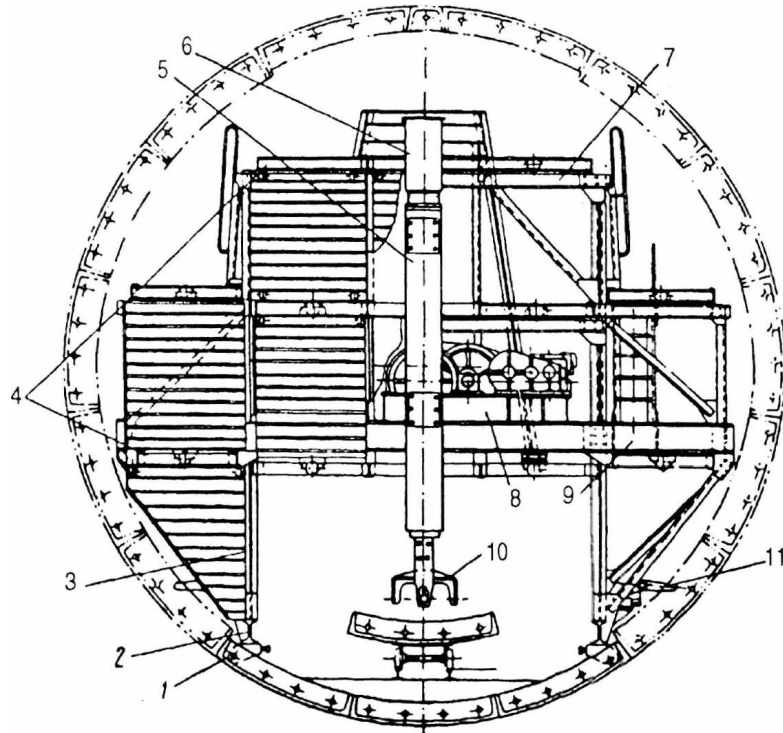
Nhờ chuyển dịch xoay, theo phương bán kính và tịnh tiến của đòn mà thiết bị có thể lắp cấu kiện vỏ hãm vào vị trí bất kỳ của vòng vỏ, tuy nhiên tất cả các quá trình di chuyển được thực hiện bằng một thiết bị thủy lực với độ chính xác cao.

**Thiết bị truyền động điện - khí nén** giống nhau theo sơ đồ động học nhưng khác thiết bị truyền động bằng thủy lực ở chỗ tốc độ di chuyển làm việc lớn.

Thông thường thiết bị loại này có kích thước và trọng lượng đáng kể, được bố trí trên kết cấu tựa chuyên dụng đi sau khiên.

Thiết bị dạng trạm trên các gối - cột là các kết cấu hiện đại truyền động điện (hình 9.19), lần đầu tiên nó được sử dụng khi đào hầm ga trong đá cứng. Thiết bị là một kết

cấu không gian di động bằng thép, lắp ghép từ các cấu kiện bằng thép hình bố trí trên phần đáy hầm nhờ các cột tựa.



*Hình 9.19: Thiết bị lắp ráp dạng trạm trên các cột đỡ*

Kết cấu tựa lắp từ sáu cột đứng 3 được bố trí dọc theo hai bên hông của hầm tạo nên một không gian ở phía dưới đủ để bố trí các máy xúc và đoàn tàu chở đất đá. Các cột đứng tựa lên hai dầm dọc 2 bố trí trên các gối chuyên dụng 1 (kiểu conxon) gắn lên sườn của vỏ hầm dạng chu bin.

Trên sàn tầng thứ nhất của thiết bị có bố trí kết cấu chính dạng dầm 9, trên đó có đặt các trang bị và kết cấu phụ 7 lắp trên các cột nhỏ, trên các tầng cuối cùng có đặt sàn di động 4 dịch chuyển được nhờ các kích thuỷ lực lắp dưới sàn di động. Sự dịch chuyển của thiết bị này được thực hiện nhờ các kích thuỷ lực lắp cặp đôi 11 tựa lên tay quay gắn vào sườn vì chu bin vỏ hầm.

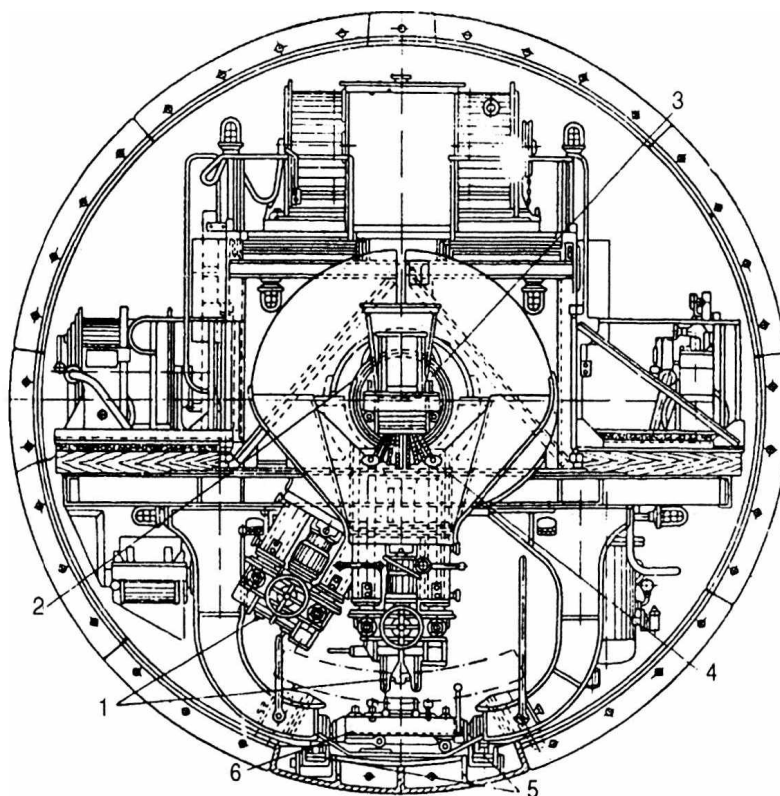
Đòn 5 của thiết bị bao gồm một thân thép, trong nó có bố trí cơ cấu thay đổi chiều dài của đòn. Trong thành phần của thiết bị này có động cơ điện 6, truyền dẫn dạng hành tinh làm xoay vít có đầu ốc gắn với dầm di động và đầu khoá 10.

Cơ cấu truyền động điện 8 lắp từ động cơ, khuôn định vị, trục chính và phanh hãm.

**Thiết bị hai đòn với truyền động điện - thuỷ lực** (hình 9.20) có một trục rỗng 2 trong đó có băng tải 3, ống áp lực cao và cấp động lực 4. Hai tay đòn 1 bố trí trong hai mặt phẳng khác nhau, có thể sử dụng để lắp vòng vỏ nhờ dạng cong của bộ giữ.

Việc tựa trực tiếp của xe mang lên phần đáy của vỏ hầm được thực hiện nhờ các cấu kiện có dạng cong thông qua các gối dạng dòng dọc 5.

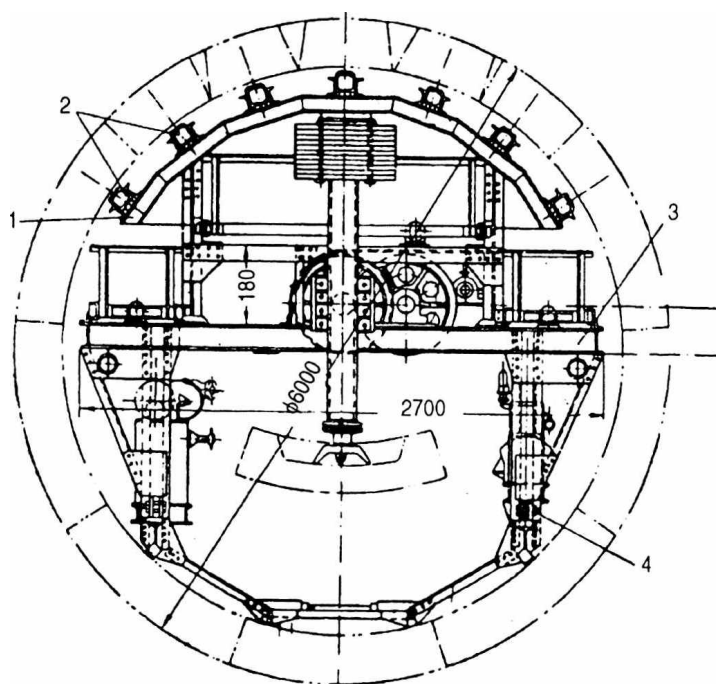
Tự động hoá việc cấp các khối chu bin dưới bộ giữ nhờ cơ cấu chuyển thay đổi được 6 là sự hoàn chỉnh của thiết bị này.



Hình 9.20: Thiết bị lắp ráp hai đòn

**Thiết bị để lắp vỏ hầm dạng khối đặc không có liên kết bulông** (hình 9.21) có cấu tạo khác với các thiết bị đã nêu ở trên bởi vì nó dùng để bố trí giá vòm 1 và dầm di động 2 để giữ các cấu kiện của vỏ hầm khi xây chúng. Từ những điều kiện này xác định dạng kết cấu, kích thước và sơ đồ tính của thiết bị, tiếp nhận tải trọng do trọng lượng bản thân của phần trên của vùng vỏ chưa khép kín.

Kết cấu 3 lập từ các cấu kiện thép hình, tạo nên hệ không gian, nằm trên hai dầm dọc 4 trượt theo vỏ hầm bê tông cốt thép khi



Hình 9.21: Thiết bị lắp các khối vỏ hầm có gôi kiểu trượt

di chuyển thiết bị này bằng khiên. Giữa các dầm 4 có thể bố trí máy xúc. Thiết bị loại này cũng có thể tự di chuyển, có loại tự bước.

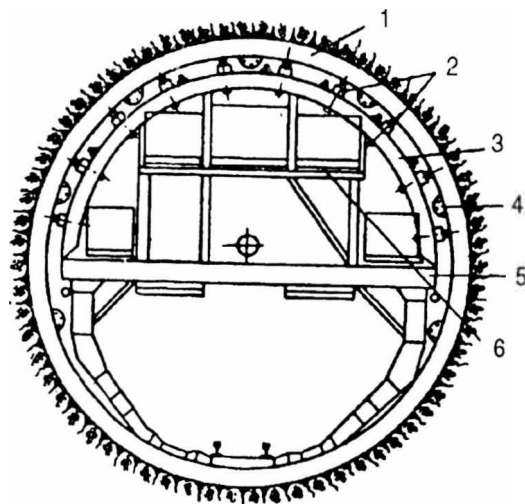
Việc hoàn thiện kết cấu của các thiết bị lắp ghép vỏ hầm cần hướng vào việc cải tiến sơ đồ động học của cơ cấu, giảm trọng lượng bản thân của thiết bị và loại trừ ảnh hưởng của nó đến sự làm việc của vỏ hầm.

Thiết bị lắp vỏ hầm đối với trường hợp đào không dùng khiên có thêm thiết bị phụ cho phép tiến hành nén vỏ từ phía đầu, công tác khoan và trong trường hợp cần thiết gia cố gương với việc sử dụng hoàn toàn máy xúc.

Với tư cách là một ví dụ có thể nêu ra kết cấu của một thiết bị có thiết bị chuyên dùng loại vòng (hình 9.22).

Công dụng của thiết bị này là lắp ráp vỏ hầm từ các khối, nén vòng vỏ cũng như làm giá khoan tự hành, dọn biên hang, ép vữa sau vỏ hầm và gia cố gương đào.

Thiết bị lắp ráp các khối bao gồm một kết cấu thép cơ sở 5 với bảy sàn di động 6, giá vòm 3 và các dầm di động 2 để giữ các khối, các kích 4 để di chuyển thiết bị, vòng đỡ 1 với các tay quay di động và cuối cùng là các tay đòn có đầu khoá.



Hình 9.22: Thiết bị lắp ráp vỏ hầm khi đào không dùng khiên

Đặc điểm của kết cấu là phương pháp tựa trên đường cong để tạo nên một không gian làm việc lớn và phương pháp di chuyển tịnh tiến kiểu trượt.

Thiết bị lắp ráp các khối được di chuyển bằng cách kéo nhờ 6 kích thuỷ lực gắn vào vòng tựa giữ các khối vỏ hầm mới lắp và thực hiện nén các vòng vỏ hầm.

Trong thời gian lắp ghép vòng vỏ gương có thể gia cố nhờ vòng giữ và các dầm ngang ép vào gương. Để làm việc này kết cấu của vòng giữ và các kích đỡ của nó cần được tăng cường.

Việc bảo vệ phần bên trên được đảm bảo nhờ hai vòng hờ di chuyển được bằng các kích thuỷ lực. Để bảo vệ thiết bị lắp ráp các khối vỏ do tác dụng của nổ mìn người ta dùng lưới chắn có tăng cường các cốt thép.

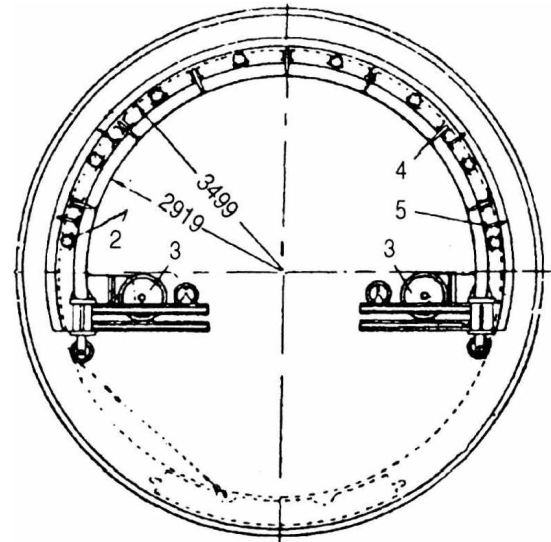
### 3. Thiết bị lắp ráp dạng một cung tròn

Để lắp ráp vỏ từ những khối lớn bê tông cốt thép người ta sử dụng thiết bị lắp ráp dạng một cung tròn. Thiết bị lắp ráp các khối vỏ hầm dạng cung bố trí trên khiên (hình 9.23) có chất lượng khai thác tốt. Nó là một kết cấu dạng cung tròn 2 có các con lăn 1 theo nó tiến hành lắp ráp những khối lớn, bắt đầu từ bên trên.

Việc dịch chuyển các khối được thực hiện bằng cáp nối vào tời 3 được sử dụng một cách tuần tự. Theo mức độ lắp ráp, các khối riêng rẽ được giữ bằng thiết bị định vị 5.

Việc đưa các khối vào vị trí thiết kế theo chu vi của vòng vỏ được thực hiện sau khi di chuyển khiến nhờ kích theo phương bán kính 4.

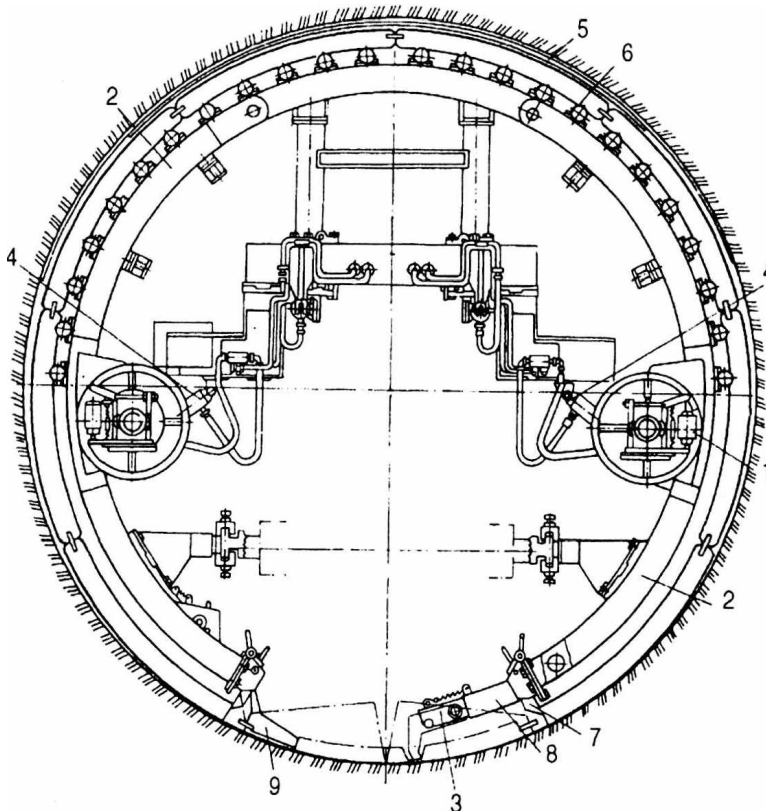
Các thay đổi khác của thiết bị lắp ráp các khối vỏ dạng cung tròn, làm việc theo nguyên tắc di chuyển một lồng có gắn trên mình các cấu kiện vỏ cũng theo nguyên tắc của một đĩa cứng là có thể.



**Hình 9.23:** Thiết bị lắp ráp dạng cung tròn

Biến tướng của các thiết bị lắp ráp phụ thuộc vào trọng lượng của cấu kiện vỏ, hình dạng và kích thước tiết diện ngang hầm. Đối với vỏ dạng khối lớn trong số đó có vỏ biên không kín khi đào bằng bán khiến hoặc bằng các thiết bị lắp ráp vỏ có thể dùng thiết bị làm việc theo các sơ đồ động học khác. Một số sẽ được khảo sát trong phần sau ở chương XXII.

#### 4. Thiết bị lắp ráp dạng khoang



**Hình 9.23a:** Thiết bị lắp ráp vỏ hầm dạng khoang

1. cơ cấu truyền động;
2. vòng định hướng;
3. khóa giữ;
4. kích;
5. áo khiên;
6. con lăn điều khiển;
7. gối kiểu nêm;
8. cơ cấu trượt;
9. gối tay quay.

Thiết bị được chế tạo để lắp ráp các vỏ hầm thường và các vỏ có ép trước vào đất đá. Thiết bị lắp ráp dạng khoang được lập từ hai vòng: vòng cố định nối với khiên bằng các kích thuỷ lực và vòng xoay được có các dầm di động được, số lượng của chúng tương ứng với số khối lắp ghép trong một vòng vỏ hầm (hình 9.23a). Các khối vỏ được lắp lần lượt lên dầm di động và được chuyển nhờ vòng quay bên trong đến vị trí thiết kế cùng với việc nén ép các mối nối.

## §8. KHIÊN CƠ GIỚI HOÁ VÀ KHIÊN CHUYÊN DỤNG

Trong xây dựng hầm thì việc cơ giới hoá và công xường hoá các công tác ngầm có một ý nghĩa đặc biệt. Để giải quyết nhiệm vụ rất phức tạp và rất quan trọng này người ta đã trang bị cho khiên đào các thiết bị cơ giới, với những thiết bị này toàn bộ quá trình thi công từ việc tách đất đá ra khỏi khối địa tầng, đưa chúng vào phương tiện vận chuyển v.v... đều được cơ giới hoá.

Không nên nghĩ rằng có một loại công cụ tổng hợp để đào hang trong các loại đất đá khác nhau. Đối với mỗi một nhóm đất đá cần lựa chọn một loại thiết bị chuyên dụng cho khiên. Điều kiện bắt buộc để gọi là khiên cơ giới hoá là phải cơ giới hoá toàn bộ các công việc chính của chu trình đào, bao gồm cả việc xây vỏ. Mức độ cơ giới hoá của các khiên loại này là  $(90 \div 95)\%$ .

Phạm vi áp dụng của các khiên cơ giới hoá là từ đất bão hoà nước không ổn định (hùn) đến các loại đá cứng trung bình để đào ( $f_{kp} \leq 4$ ). Các khiên cơ giới hoá có đặc điểm là có bộ phận chức năng để đào đất đá.

Các bộ phận chức năng phổ biến hơn cả là các bộ phận theo kiểu rôto, kiểu hành tinh và kiểu gầu xúc.

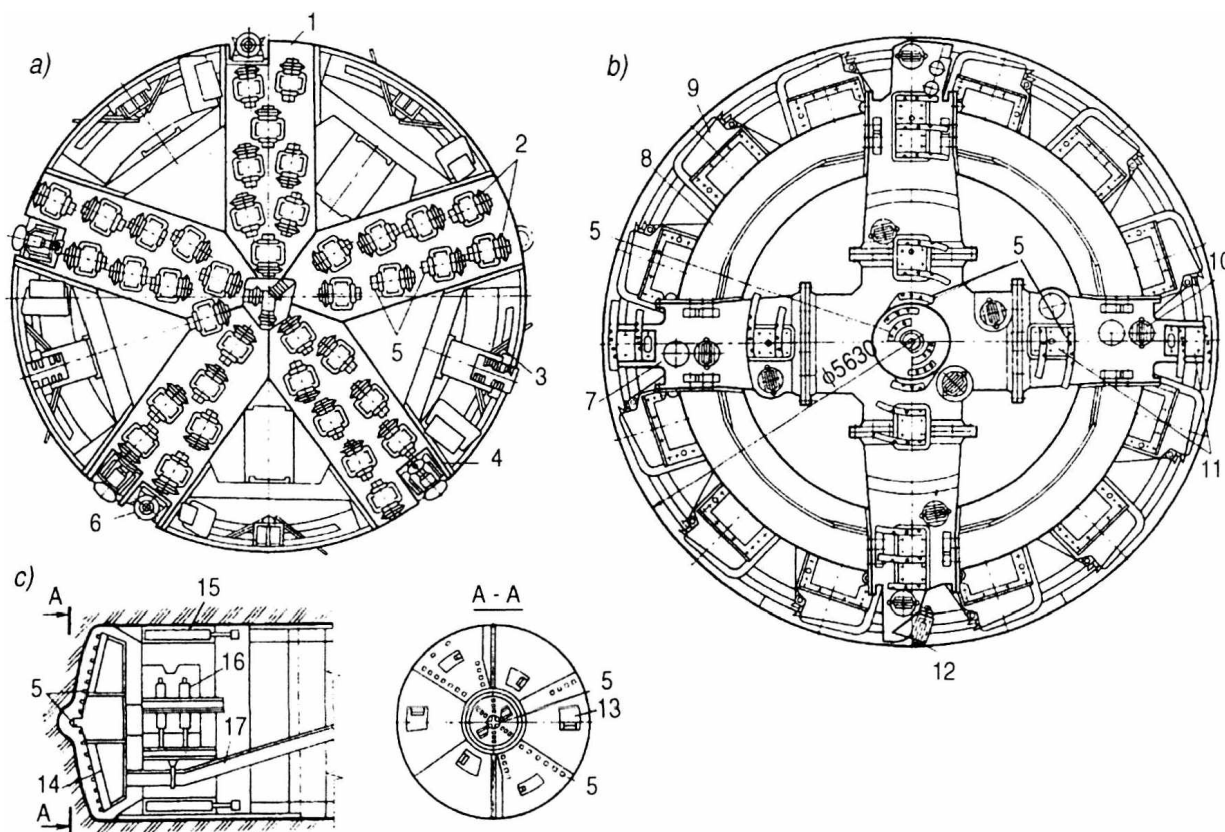
Dưới đây khảo sát một số loại khiên cơ giới hoá được áp dụng phổ biến ở Liên Xô cũ để đào hầm trong các địa tầng khác nhau.

Để đào hang ngầm trong đá cứng và nửa cứng người ta sử dụng các khiên cơ giới hoá có kết cấu các vòng đỡ và vòng lưỡi giảm nhẹ, nhưng các bộ phận công tác và cơ cấu truyền động thì lại được tăng cường.

Ở Liên Xô cũ người ta đã chế tạo khiên cơ giới hoá MМІІІ - 1 có bộ phận công tác kiểu rôto để đào hầm trong đá cứng có hệ số độ cứng  $f_{kp} = 2 \div 8$  (hình 9.24a). Trên một rôto quay, dạng 5 cánh, có tần số quay  $(0,5 \div 3)$  phút<sup>-1</sup> có gắn các công cụ phá đá tổng hợp gồm đầu xoay cầu dạng đĩa, trên đó có gắn các thanh cắt để cắt đá. Trong đất mềm cùng với các thanh cắt có bố trí các tấm cắt. Đất đá đào ra được giữ bằng các thanh gạt quay ngang và các lưỡi xẻng cố định rồi được đổ vào máng, tiếp theo vào một băng tải để đổ vào thiết bị vận chuyển.

Trong đất sét khô và chặt, á sét và phiến sét có hệ số độ cứng  $f_{kp} = 2,5 \div 3,0$  người ta sử dụng khiên cơ giới hoá ПМІІІ-5,6 tổ hợp КТ-5,6. Bộ phận công tác của khiên có dạng một "vòng tay lái" 4 nhánh, có các lưỡi cắt dạng thanh và đĩa cắt (hình 9.24b). Khi

xoay "vòng tay lái" với tần số  $2,93 \text{ phút}^{-1}$  lưỡi cắt tạo nên trong đất các khe rãnh hướng tâm sâu đến 200 - 300mm, còn đĩa cắt thì cắt các gân đất đá nằm giữa các khe rãnh này. Để xúc bốc phần đất đào ra vào vòng gầu, có gắn 12 gầu, nó nâng đất lên phần trên của khiên rồi đổ vào máng. Việc sử dụng loại khiên này vào xây dựng hầm metro ở Xanpêtecua cho phép đạt tốc độ đào là 1250 mét trong một tháng.



**Hình 9.24:** Sơ đồ các khiên cơ giới hóa có bộ phận công tác kiểu roto (a-c)

1. Rôto 5 tia; 2. Đĩa xoay cầu; 3. Chân quay kiểu xẻng; 4. Xẻng cố định; 5. Lưỡi cắt kiểu thanh;
6. Xoay cầu trên biên; 7. vòng kiểu tay lái (vô lăng); 8. vòng gầu xúc; 9. Gầu xúc;
10. Bộ cắt trượt; 11. Lưỡi cắt kiểu ép giữ; 12. Lưỡi cắt xiên; 13. Lưỡi cắt kiểu cửa sổ;
14. Rôto kiểu côn; 15. Thân khiên; 16. Bộ truyền động; 17. băng tải

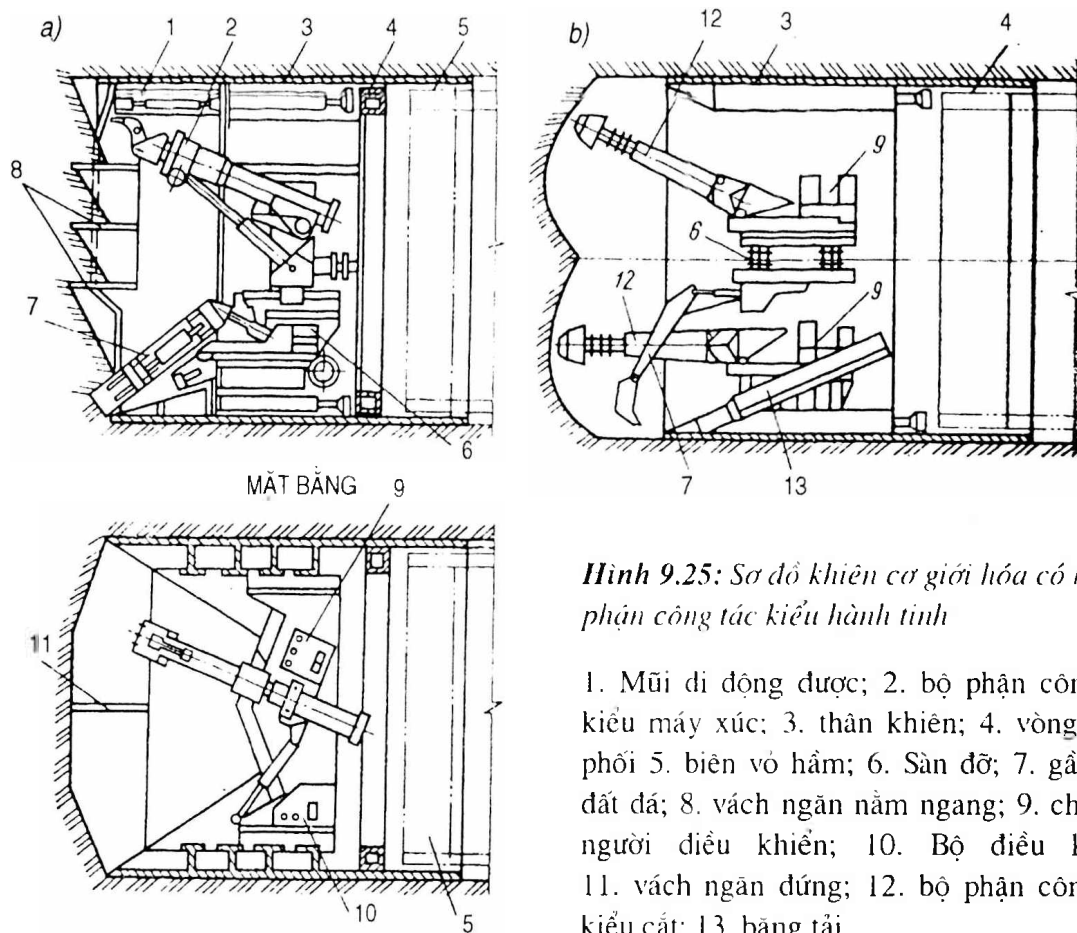
Để đào hầm trong đất sét khô, đá phấn và đá phiến (diệp thạch) có độ cứng đến 3 người ta dùng khiên cơ giới hoá ЛН-1 có bộ truyền động thuỷ lực (hình 9.24c). Bộ phận công tác của khiên này là một đầu xoay côn, có bề mặt xoắn, được trang bị các lưỡi cắt dạng tấm và dạng thanh. Bộ phận công tác có thể xoay, tịnh tiến không phụ thuộc vào khiên, đến 400mm. Đất được gom bằng gầu rồi đổ vào băng tải qua một cửa sổ tiếp nhận. Việc có bộ truyền động thuỷ lực cho phép điều chỉnh xoay của đầu đào và tịnh tiến của bộ phận công tác một cách dễ dàng, đảm bảo tăng cường một cách đáng kể lực ép và mômen xoắn.

Để đào trong các địa tầng phân lớp và hỗn hợp người ta đã chế tạo ra khiên cơ giới hoá có bộ phận công tác dạng cân vệ tinh. Trong địa tầng cát không đồng nhất có lẫn á sét và



sét khiên có hiệu quả là khiên có bộ phận công tác dạng gầu đào. Tùy thuộc vào kích thước của khiên mà người ta bố trí một hay một số gầu xúc làm việc trên cần có chiều dài thay đổi được. Các gầu này được gắn lên một khung riêng hoặc trên một vách nằm ngang nằm trong phạm vi vòng gối đỡ của khiên. Việc đào đất bằng gầu có làm tơi sơ bộ nhờ một bộ phận đập bằng khí nén, gắn lên cần xúc. Để đảm bảo sự ổn định của nóc hang và mặt gương người ta sử dụng các sàn nằm ngang di chuyển các tấm treo ở trước mặt ép vào nóc và mặt gương bằng các kích thủy lực. Ở Liên Xô cũ người ta chế tạo ra hai loại khiên kiểu gầu là ИИХО-1 và ИИХО-2 có một và hai cần làm việc co dãn được (hình 9.25a). Các gầu có thể nâng lên hạ xuống, dẫn dài ra đến 1,6 mét và xoay quanh trục của bản thân cần. Đất đào ra được đưa vào một máng nghiêng và đưa ra ngoài khu vực khiên.

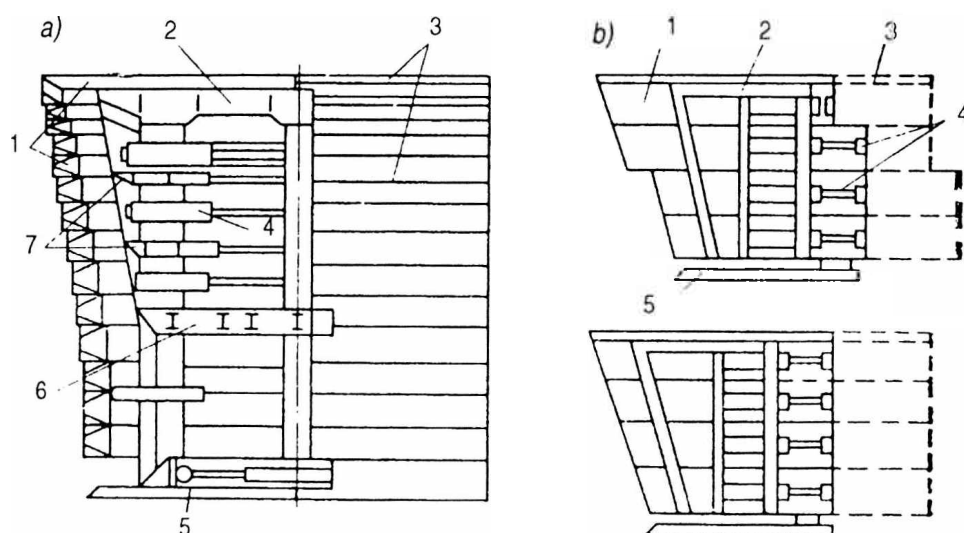
Trong các địa tầng bị phá hoại có hệ số độ cứng đến 5 các khiên cơ giới hoá có bộ phận công tác dạng đầu cắt được sử dụng. Loại đầu cắt dạng cần có ký hiệu là ПМ. Ví dụ, khi đào một hầm ô tô ở Thụy Sĩ người ta đã dùng một khiên cơ giới hoá, đường kính 11,46 mét, có bộ phận công tác hoạt động theo kiểu vệ tinh gồm 4 đầu cắt gắn lên một cần co dãn được (hình 9.25b). Sự chuyển động theo tuyến (quỹ đạo) của các đầu cắt đảm bảo đào đất trên toàn mặt phẳng gương. Với sự giúp đỡ của các máy xúc dạng gầu trên cần có chiều dài thay đổi được, làm việc theo nguyên tắc gầu nghịch đất được đổ vào một băng tải, đặt nằm nghiêng.



**Hình 9.25:** Sơ đồ khiên cơ giới hóa có bộ phận công tác kiểu hành tinh

1. Mũi di động được; 2. bộ phận công tác kiểu máy xúc; 3. thân khiên; 4. vòng phân phối; 5. biên vỏ hầm; 6. Sàn đỡ; 7. gầu xúc đất đá; 8. vách ngăn nằm ngang; 9. chỗ của người điều khiển; 10. Bộ điều khiển; 11. vách ngăn đứng; 12. bộ phận công tác kiểu cắt; 13. băng tải.

Trong những năm sau này ở Nga cũng như các nước ngoài khác đã tạo nên các khiên cơ giới hoá có bộ phận công tác dạng gầu cát thay thế được. Điều đó đã mở rộng đáng kể phạm vi áp dụng của công nghệ đào bằng khiên cơ giới. Các khiên kiểu cửa phai phẳng dạng tròn hay vòm được trang bị bộ phận công tác hoạt động kiểu vệ tinh và thay thế được cũng được sử dụng. Áo ngoài của khiên loại này lập từ các tấm phai phẳng tiết diện hình hộp, dịch chuyển độc lập được nhờ kích thuỷ lực gắn vào thân khiên (hình 9.26). Khiên dịch chuyển được mà không tựa lên vỏ hầm, bằng cách dịch chuyển lần lượt các tấm phai rồi kéo phần thân khiên về phía trước nhờ quá trình nghịch của kích.



**Hình 9.26:** Sơ đồ (a) và trình tự di chuyển (b) của khiên kiểu cửa phai

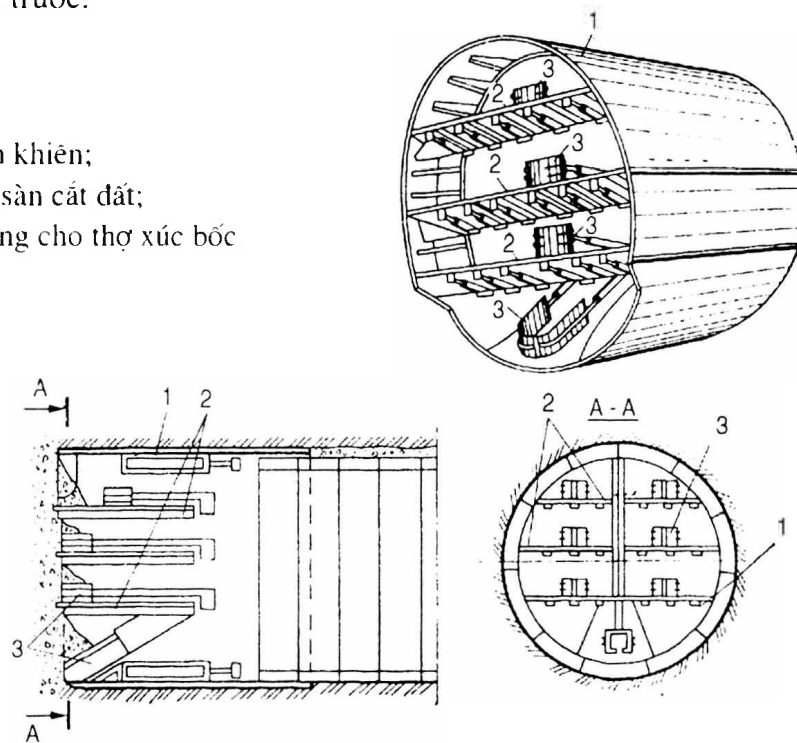
1. các tấm phai đầu; 2. thân khiên; 3. các tấm phai đuôi;  
4. các kích; 5. các tấm phai gối; 6. sàn công tác; 7. sàn nhỏ

Để đào hầm trong đất không dính, có độ ẩm tự nhiên người ta sử dụng các loại khiên có các sàn rung nằm ngang, một số vách di chuyển được sau vòng lưỡi, được bố trí theo chiều cao, cách nhau  $0,8 \div 1,2$  mét. Bằng giải pháp đó gương đào được chia thành một loạt ô, trong mỗi ô đất được chất lên sàn với góc dốc tự nhiên, đảm bảo tự ổn định, không cần phải chống đỡ gì thêm (hình 9.27). Các mép để cắt đất của các ô sàn có góc vát nhọn là  $45^\circ$  để giảm sức cản khi di chuyển khiên. Trong phạm vi các ô công tác có trang bị các bộ phận làm tơi đất kiểu gầu ngoạm, có thể di chuyển được trên suốt bề rộng và chiều cao của ô công tác, chúng xúc đất và đổ xuống phía dưới của khiên.

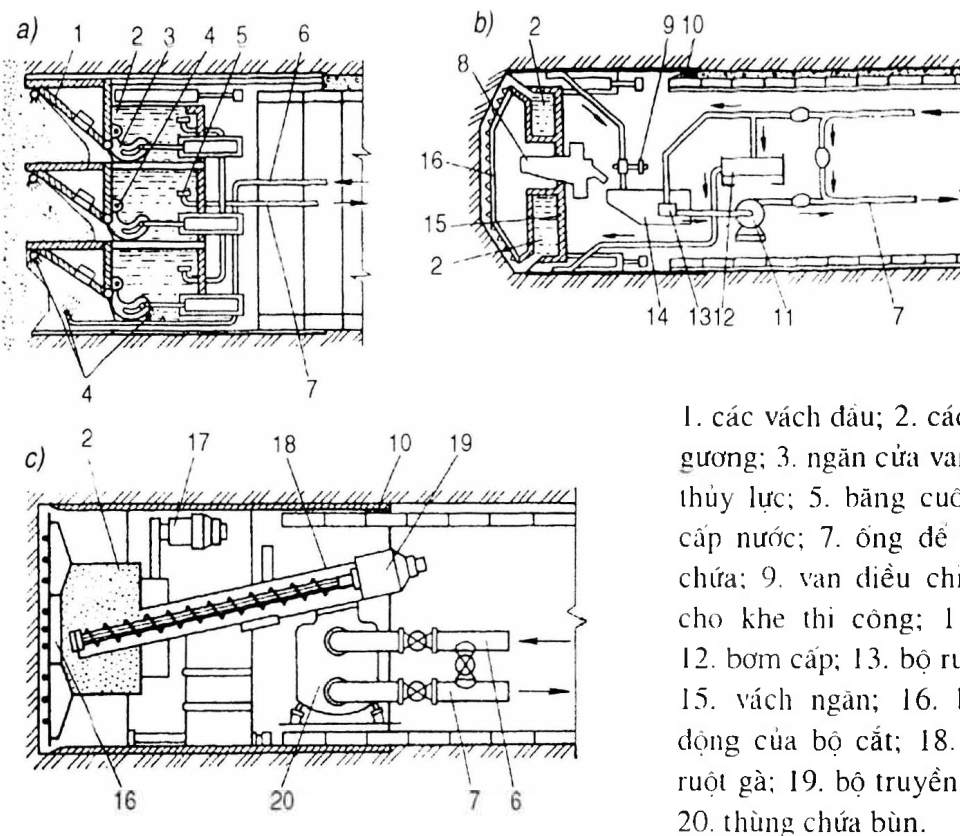
Để đào hang ngầm trong đất không chính, bão hoà nước, người ta đã chế tạo ra các hệ khiên kín cơ giới hoá, đảm bảo vừa đào đất vừa chống đỡ gương đào. Các khiên kín do Liên Xô cũ chế tạo có thể đào hang ngầm trong những điều kiện áp lực nước đến  $0,4\text{MPa}$  và lớn hơn (hình 9.28a). Ở phần gương của khiên loại này được chia làm một số ô, có đặt các buồng công tác, có các vách nghiêng ở phía trước mặt, trên đó có đặt các thiết bị rửa - lắng thuỷ lực. Trong phạm vi phần vòng đỡ của khiên có bố trí các buồng tiếp nhận, thông với ngăn công tác qua một họng, được đẩy bằng cửa van. Trong buồng tiếp nhận nước được ép đến áp lực cần thiết làm phụ tải lên gương đào. Do đó đất ở trong

gương được đặt trên các sàn nằm ngang như đất đắp, được chặn bên trên bằng sườn nằm nghiêng ở phía trước.

- 1. thân khiên;
- 2. các sàn cắt đất;
- 3. buồng cho thợ xúc bốc



**Hình 9.27:** Khiên có các sàn cắt đất



- 1. các vách đầu; 2. các buồng phụ tải cho gương; 3. ngăn cửa van; 4. thiết bị xói rửa thủy lực; 5. băng cuốn thủy lực; 6. ống cấp nước; 7. ống để tách bùn; 8. thùng chứa; 9. van điều chỉnh; 10. chặn nước cho khe thi công; 11. bơm thoát bùn; 12. bơm cấp; 13. bộ rung; 14. thùng lắng; 15. vách ngăn; 16. bộ cắt; 17. truyền động của bộ cắt; 18. băng tải kiểu ống ruột gà; 19. bộ truyền động của băng tải; 20. thùng chứa bùn.

**Hình 9.28:** Sơ đồ khiên cơ giới hóa có các buồng phụ tải (a-c)

Người ta cũng đã tạo nên khiên cơ giới hoá có buồng giếng chìm hơi ép ở phía trước gương để đào hang ngầm trong các đất không ổn định bão hoà nước. Đất được đào bằng một bộ phận chuyên dụng và được chuyển ra ngoài giới hạn của buồng giếng chìm theo một băng tải đặt trong một vỏ kín. Trong một số trường hợp, một hệ buồng van kín, có máy xúc tự động được sử dụng để đào đất. Nhược điểm cơ bản của loại khiên này là do không thể cân bằng hoàn toàn áp lực nước bằng áp lực khí nén, điều đó sẽ tạo nên mối nguy hiểm do vỡ nước vào gương đào. Để khắc phục nhược điểm này người ta đã sản xuất ra loại khiên cơ giới có buồng ở sát gương chứa đầy vữa bentônít. Khác với gương có buồng giếng chìm là ở những khiên này hoàn toàn loại trừ được nguy cơ vỡ nước vào gương. Khiên được trang bị bộ phận công tác kiểu rôto, xoay với tốc độ thay đổi, cho phép điều chỉnh được khối lượng đất đào ra (hình 9.28b).

Phần sát gương được ngăn ra khỏi phần còn lại của khiên bằng một cách kín bằng thép. Sau vách người ta ép vữa bentônít, vữa xâm nhập vào đất tạo thành một màng keo giữ cho gương không bị sụp lở. Đất đào ra được trộn với vữa bentônít bằng một bộ trộn theo kiểu cơ khí, đưa vào buồng nhận qua một "cửa sổ" có bộ khống chế khối lượng và có cửa van. Tiếp theo đất được bơm theo đường ống lên mặt đất, vào thùng chứa. Tại đây cát, vữa sét và cuội sỏi được tách ra, sau khi làm sạch vữa bentônít lại được bơm trở lại buồng chứa.

Trong các đất sét và á sét dính, có tính thấm thấp, người ta sử dụng khiên cơ giới có phụ tải bằng đất, được tạo nên ở trong một buồng ở sát gương do làm chặt đất đào ra. Các khiên có trang bị bộ phận công tác kiểu rôto và một vách liên ngăn cách giữa buồng sát gương và phần còn lại của khiên (hình 9.28, c). Qua một lỗ ở vách ngăn người ta luồn một băng tải kiểu ống ruột gà xoắn, theo băng tải này đất được tách ra khỏi buồng sát gương rồi chất lên băng tải dạng băng. Trong các đất cát, cuội thấm nước, để ngăn ngừa vỡ nước vào hầm, trong buồng sát gương người ta tạo thêm việc chất tải thủy lực. Trong trường hợp này đất được đưa vào một thùng chuyên dụng bằng một dụng cụ kiểu cửa van, tại thùng chuyên dụng sỏi cuội được tách ra còn lại bùn mặt được bơm ra ngoài theo đường ống. Việc kiểm tra sự làm việc của khiên và các thiết bị phụ trợ được thực hiện tự động theo các chỉ tiêu của các đatríc, với những chỉ tiêu này chế độ làm việc tối ưu của khiên được thiết lập (chế độ quay của bộ phận công tác, lực ép khiên vào gương v. v...).

Như vậy các khiên cơ giới hoá hiện đại cho phép tiến hành đào hầm trong những điều kiện địa chất công trình khác nhau. Sự hạn chế phạm vi áp dụng của từng loại khiên riêng rẽ là nhược điểm cơ bản của chúng. Liên quan đến nhược điểm này, hướng phát triển tương lai chính là theo hướng tổng hợp hoá chúng, điều đó có thể đạt được bằng cách sử dụng các bộ phận công tác có thể thay thế để được đào các loại đất đá khác nhau, hoặc là các bộ phận công tác kiểu liên hợp, lập từ một số cấu kiện, mỗi cấu kiện sẽ được đưa vào làm việc phù hợp với những loại đất cụ thể. Thực chất các tổ hợp đào hầm (TTIM) cũng là khiên cơ giới hoá.

## §9. CÔNG NGHỆ ĐÀO BẰNG KHIÊN

Các công việc đào hầm bằng khiên bao gồm tổ hợp khiên và trang bị cho nó những thiết bị cần thiết. Tùy thuộc vào loại công trình ngầm, chiều sâu đặt hầm và các điều kiện địa chất công trình, khiên có thể được tổ hợp trực tiếp ở cửa hầm, trong các hố đào lộ thiên hay đường đào trước cửa, được thả nguyên vẹn qua giếng đứng hay ở trong buồng của giếng chìm hoặc được lắp ráp trong một buồng ngầm chuyên dụng để lắp ráp khiên.

Công nghệ đào khiên phụ thuộc chủ yếu vào loại khiên, tính chất của khối địa tầng mà hầm cắt qua và loại vỏ hầm. Khi đào bằng các khiên không cơ giới hoá thì việc đào đất đá, xúc bốc và vận chuyển giống như khi thi công bằng phương pháp mở.

Việc đào hầm bằng các khiên không cơ giới hoá trong các đất không dính, bão hoà nước liên quan đến những khó khăn rất lớn. Trong trường hợp này để đảm bảo ổn định khối địa tầng người ta dùng không khí nén hoặc các phương pháp làm khô đặc biệt để gia cố đất như hạ nhân tạo mực nước ngầm, đóng băng nhân tạo hoặc gia cố hoá. Khi đào trong không khí nén người ta xác định áp lực của nó từ điều kiện cân bằng với áp lực nước ở gương đào và lấy bằng:

$$P_{kn} = 1/10H + 1/15D_k \quad (9.4)$$

ở đây:

H - chiều sâu đặt hầm so với mực nước ngầm, m;

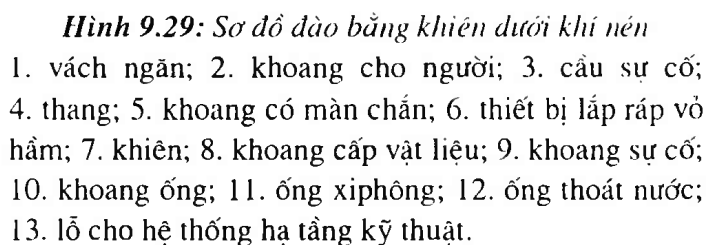
$D_k$  - đường kính của khiên, m.

Với trị số áp lực không khí như vậy vẫn còn xảy ra ngập nước một chút ở phần dưới của gương. Vì thế trong phần lườn của khiên người ta làm một vách bằng thép đến  $1/3 D_k$ .

Trong quá trình đào trong vùng có áp lực cao người ta ngăn cách khiên với phần còn lại của hầm bằng một vách kín kiểu phai, trong vách có bố trí cửa có cánh đẩy kín cho người qua lại, đưa đất ra, đưa vật liệu vào (hình 9.29). Các vách ngăn có cửa phai này làm bằng bê tông cốt thép và được dịch chuyển về phía trước mỗi khi gương dịch chuyển một đoạn 250 - 300 mét.

Ở những hầm đường kính lớn người ta bố trí 4 cửa phai, 2 cửa ở phần trên để người ra vào, hai cửa ở phần dưới để đưa đất và vật liệu qua. Một cửa phai cho người chỉ dùng khi có sự cố và có một buồng để tiến hành công tác đo đạc. Để cung cấp các vật liệu có chiều dài lớn người ta làm một phai có đường kính đến 0,5 mét. Ngoài ra người ta còn bố trí các đường cáp, các đường ống và các thiết bị hạ tầng kỹ thuật khác đi qua vách phai để đảm bảo cung cấp vào vùng khí nén, nước điện năng và các thứ khác. Không khí nén được cấp vào sau vách phai từ các máy nén khí đặt ngay trên công trường.

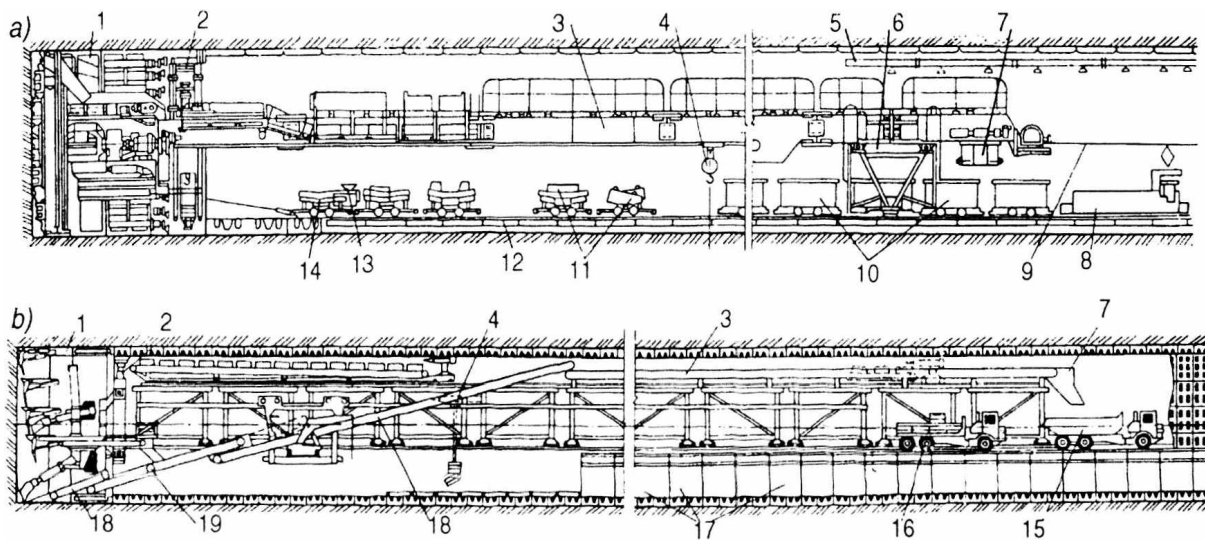
Các công việc ở trong vùng khí nén được tiến hành giống như trong các điều kiện thông thường, với việc tuân thủ nghiêm ngặt quy tắc của kỹ thuật an toàn. Đó là



Ở Nga và ở Liên Xô cũ người ta đã sử dụng các tổ hợp khiên KTT-5,6; TИБ-2; TИБ-3; KM-19; KT-5,6Б2 v.v... để xây dựng các hầm trong những điều kiện địa chất công trình khác nhau, bao gồm các tổ hợp khiên, các thiết bị để thực hiện tất cả các dạng công tác: đào ngầm, lắp ráp, phòng nước và các công tác phụ trợ. Mức độ cơ giới hoá của các tổ hợp khiên đạt 90 - 95%, tốc độ đào hầm đường kính 5 - 6 mét đạt 300 - 400m/tháng và lớn hơn.

184

Các sơ đồ công nghệ cơ giới hoá công tác thi công bằng khiên (hình 9.30) khác nhau chủ yếu, ở phương pháp đào đất, chống đỡ nóc và mặt trước gương. Tất cả các quá trình còn lại: xúc, vận chuyển đất, xây và phòng nước cho vỏ hầm có thể thực hiện tương tự. Đất đào ra ở gương được đưa lên đường trục vận chuyển và đổ xếp vào goòng, đường trục này được lập từ các phần nằm nghiêng, nằm ngang gắn lên một dàn cầu thép. Dàn cầu có thể treo lên các vòng vỏ hầm, có thể tựa lên các gối di động hang lên một cầu trượt. Chiều dài của thiết bị vận chuyển và xếp tải cần phải đủ để bố trí ở dưới nó cả một đoàn tàu. Ở cuối của thiết bị có bố trí phễu có hai cửa có nắp, cho phép đưa đất vào các goòng đứng ở đường ray bất kì. Trên cầu có gắn các xe trượt để di chuyển các goòng riêng rẽ, có thiết bị điều xe....



**Hình 9.30: Tổ hợp công nghệ khiên đào**

1. khiên cơ giới hóa; 2. thiết bị lắp ráp vỏ hầm; 3. đường trục giao thông; 4. cầu con mèo; 5. ống thông gió; 6. gối của băng tải; 7. phễu; 8. đầu máy điện; 9. đường cáp điện tiếp xúc; 10. goòng; 11. xe chở tám vỏ hầm; 12. sàn công nghệ; 13. máy ép vữa; 14. tang cuốn cáp điện; 15. ô tô ben; 16. xe vận chuyển các khối vỏ; 17. khối mặt đường xe chạy; 18. thiết bị chuyển tải; 19. băng tải kiểu ống kín

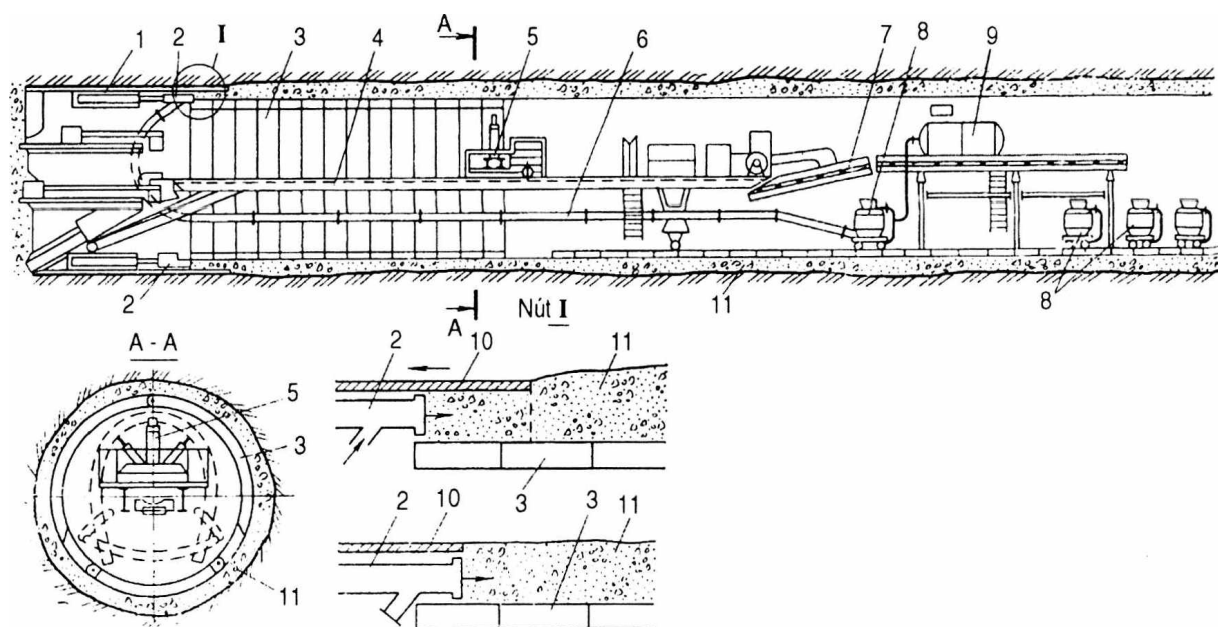
Để tổ chức công tác đào ngầm một cách rõ ràng, chính xác, các thiết bị để xúc và vận chuyển đất (đường băng tải chính, máy xúc, phần đường ray di chuyển được, các goòng v.v...) cũng như các thiết bị lắp ráp, phòng nước vỏ hầm được bố trí trên sàn cầu công nghệ, được nối với khiên và dịch chuyển được cùng với khiên, khi khiên di chuyển. Khi đào các hầm ô tô bằng khiên thì việc phối hợp các quá trình đào ngầm, lắp ghép vỏ với việc xây dựng mặt đường xe chạy tỏ ra hợp lý (hình 9.30b). Trong trường hợp này việc thải đất đào ra và cấp các khối vỏ hầm được thực hiện bằng vận chuyển ô tô dọc theo phần mặt đường đã xây dựng xong. Sơ đồ công nghệ này loại trừ việc cần thiết phải xây dựng các đường vận chuyển tạm, tạo điều kiện nâng cao tiến độ thi công.

Trong quá trình đào tiến hành kiểm tra việc dịch chuyển khiên theo tuyến hầm (sau mỗi lần dịch chuyển). Để làm việc này người ta sử dụng các công cụ, thiết bị đo đạc

khác nhau, đặt trên xe của thiết bị lắp ráp hoặc đặt trực tiếp trên khiên. Ngày nay để kiểm tra vị trí của các khiên cơ giới hoá người ta sử dụng một hệ thống các nguồn sáng: nguồn sáng môđun hay tia laze. Các dụng cụ laze được sử dụng khi đưa khiên vào tổ hợp cùng với các thiết bị, các hệ thống tự động hoá, có trang bị máy tính điện tử và đảm bảo điều khiển sự chuyển động của tổ hợp khiên. Ở Nga người ta đã chế tạo ra và sử dụng hệ thống tự động kiểm tra vị trí của khiên đào. Khi có sự sai lệch vị trí khiên so với thiết kế thì nó được xử lý bằng cách loại trừ một nhóm kích khiên xác định, đồng thời phanh giữ phía đối diện của khiên do đào thiếu và đặt các thanh giằng (văng).

Việc lắp ráp vỏ hầm khi đào bằng khiên được tiến hành nhờ một tổ hợp thiết bị chuyên dụng, đó là các thiết bị lắp các khối vỏ hoặc các mảnh vỏ hầm kiểu vòm chu bin. Thiết bị có bộ truyền động điện; khí nén; thuỷ lực hoặc truyền động hỗn hợp, bố trí trực tiếp ở trên khiên hoặc trên một xe mang riêng (xem §7 của chương này).

Để xây dựng vỏ hầm bê tông nén người ta sử dụng một tổ hợp các thiết bị gồm ván khuôn nối khớp với nhau, thiết bị dịch chuyển ván khuôn trên một xe mang chuyên dụng, thiết bị đổ bê tông, vòng nén và vòng giữ v.v... (hình 9.31).



**Hình 9.31:** Sơ đồ công nghệ đào hầm có xây dựng vỏ hầm bê tông nén toàn khối

1. khiên; 2. vòng nén; 3. ván khuôn thép; 4. cầu vận chuyển;
5. thiết bị dịch chuyển ván khuôn; 6. ống cấp bê tông; 7. băng tải;
8. bơm bê tông; 9. bình điều áp; 10. áo khiên; 11. vỏ hầm

Tùy thuộc vào độ cứng và mức độ ổn định của địa tầng người ta sử dụng các sơ đồ công nghệ đào hầm khác nhau cùng với việc xây dựng vỏ hầm bê tông nén toàn khối. Ở Liên Xô cũ người ta đã chế tạo ra các tổ hợp khiên chuyên dụng ТЩБ với các phương pháp nén hỗn hợp bê tông khác nhau. Khi đào trong cát, sét pha cát, đất sét mềm việc nén hỗn hợp bê tông được tiến hành trên đoạn đuôi khiên (xem nút I trên hình 9.31). Sau khi dựng



lần lượt các dốt ván khuôn người ta đổ hỗn hợp bê tông vào vòng nén theo các ống cấp bê tông. Việc nén hỗn hợp bê tông được tiến hành nhờ các kích khiên dưới áp lực  $(2 \div 4)$ MPa đồng thời với việc dịch chuyển khiên. Tuy nhiên khi rút áo khiên ra khỏi vỏ hầm người ta phải tiến hành ép lại hỗn hợp bê tông để lấp đầy khe trống tạo nên do rút áo khiên.

Khi đào trong đá cứng bằng khiên cơ giới có thể áp dụng một sơ đồ công nghệ khác. Trong trường hợp này hỗn hợp bê tông được đổ vào sau ván khuôn, trực tiếp lên đất và được nén từng bước 35, 35, 30cm khi khiên đứng yên. Để không làm hư hỏng bộ phận công tác của khiên, thân của nó tựa vào gương bằng các kích thuỷ lực đặt riêng, tựa đối trục với các kích khiên. Tuy nhiên, với phương pháp này không thể đảm bảo di chuyển khiên và xây vỏ một cách đồng thời và độc lập với nhau.

Trong quá trình đào hầm bằng khiên người ta thực hiện việc ép vữa và phòng nước vỏ hầm. việc lấp đầy kịp thời khe hở giữa vỏ hầm và đất tạo điều kiện ngăn ngừa hiện tượng lún khối địa tầng trên hầm, đảm bảo sự của làm việc của vỏ hầm và địa tầng bao quanh.

Việc ép vữa xi măng kiểm tra sau vỏ hầm bằng gang được tiến hành trước khi chèn đầy mỗi nối, còn sau vỏ bê tông cốt thép thì sau khi chèn đầy mỗi nối ở khoảng cách không nhỏ hơn 25m và không xa hơn 55 mét kể từ gương. Phía sau vỏ hầm bê tông nén toàn khối chỉ cần tiến hành ép kiểm tra. Thiết bị để ép vữa gồm: bơm vữa kiểu khí nén, bơm pitstông, thiết bị ép đá mi đặt trên sàn công nghệ, trên xe của thiết bị đổ bê tông hoặc trên xe di động chuyên dụng.

Việc phòng nước cho vỏ hầm lắp ghép được thực hiện bằng cách chèn kín các mối nối giữa các khối vỏ hầm hay các vòm chu bin bằng hỗn hợp vữa xi măng mác cao hoặc bằng hỗn hợp keo polime. Thường thì việc chèn kín mối nối của vỏ bê tông cốt thép được bắt đầu sau hai ngày kể từ khi kết thúc việc ép vữa kiểm tra. Việc chèn đầy được tiến hành với việc sử dụng búa xám, còn việc bọc kín thì nhờ các thiết bị cơ giới chuyên dụng. Công tác phòng nước được tiến hành trên các giá hoặc xe di chuyển trên các tai đỡ gắn trên các vòng có hầm.

Khi thi công hầm bằng khiên, cũng như khi thi công bằng phương pháp mở phải tiến hành thông gió, chiếu sáng và thoát nước nhân tạo, tức là vẫn phải thực hiện các công tác phụ trong thi công hầm.

## **§10. ĐÀO HẦM BẰNG MÁY ĐÀO LIÊN HỢP**

Các tổ hợp thiết bị hoạt động liên tục để cơ giới hoá công tác đào hang ngầm trong địa chất biến thiên trong một khoảng rộng từ nửa cứng đến cứng, có độ bền đến 200MPa được gọi là máy đào liên hợp hoặc tổ hợp đào hầm.

Việc sử dụng các phương pháp cơ giới hoá để đào hầm khác với phương pháp khoan nổ mìn là ở chỗ bảo vệ được tính nguyên vẹn của khối đá bao quanh hang ngầm, tiết kiệm khối đá đào và bê tông, cho phép giảm chiều dày tính toán của vỏ hầm do các đặc trưng cơ lý của khối đá không bị ảnh hưởng của nổ mìn. Ngoài ra hang đào bằng phương pháp cơ giới hoá có dạng tròn hay nửa tròn là dạng ổn định hơn với tác động của tải trọng ngoài.

Trong nhiều trường hợp cho phép không phải gia cố tạm hoặc giảm nhẹ vì chống một cách đáng kể. Khi có mặt hàng bằng phẳng, phù hợp với thiết kế cũng giảm vữa xi măng ép lấp đầy. Loại trừ được các công tác phụ như chọc sửa gương, đánh dấu lỗ mìn v.v...

Máy đào liên hợp hay tổ hợp đào hầm dùng để đào hàng ngang được phân ra làm máy đào theo kiểu cắt dạng hành tinh hoặc máy đào theo kiểu cần xoay.

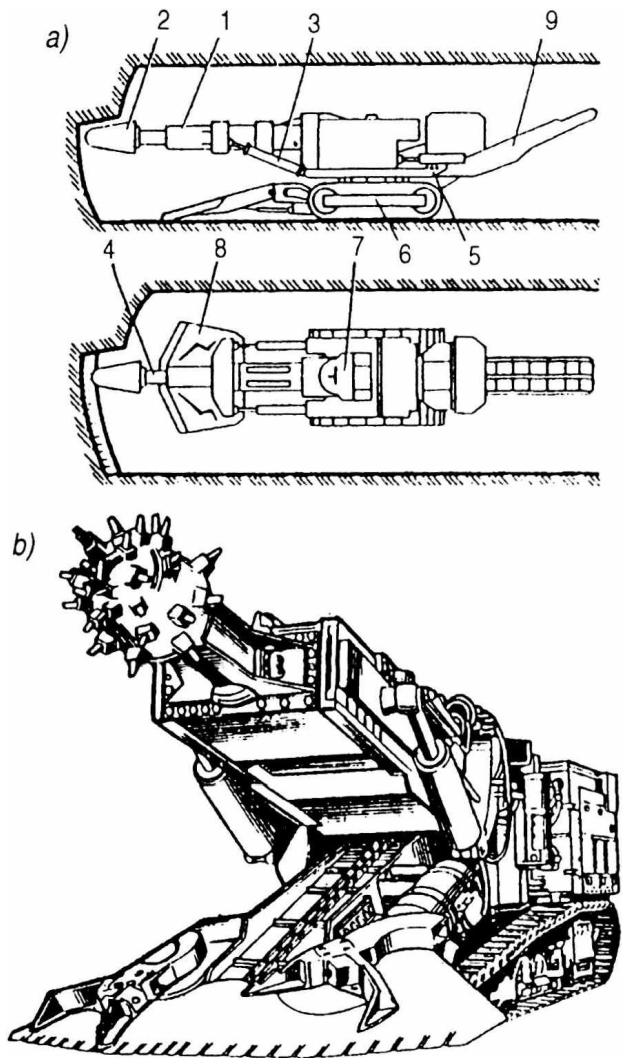
Các loại khiên cơ giới hóa khảo sát trong §8 cũng có thể được coi là máy đào liên hợp.

Dạng chung và sơ đồ của máy đào liên hợp kiểu cần xoay hành tinh như trên hình 9.32a, b. Bộ phận làm việc của thiết bị gồm cần xoay 1 có khả năng dịch chuyển về phía gương, bộ phận thao tác 2 có dạng lưỡi cắt, nhờ hai kích 3 bố trí đối xứng nhau, và sàn 5 xoay được, cũng nhờ kích 4 mà lực nén dọc trục được tăng cường đáng kể khi bộ phận thao tác làm việc trong đá. Sàn 5 bố trí ở phần đuôi máy trên đó có đặt cabin của máy và bộ điều khiển 7.

Bộ phận di chuyển 6 của máy liên hợp truyền áp lực lên đáy hàng và do lực dính bám với đá mà tiếp nhận phản lực của các kích tăng cường trong quá trình lưỡi cắt làm việc. Sự di chuyển của các máy đào liên hợp loại này được thực hiện trên bánh xích, tuy nhiên có một vài loại cũng chạy trên bánh hơi. Việc bốc đá đa số trường hợp được thực hiện bằng thiết bị xúc dạng lưỡi xẻng 8 có trang bị hai tay vịn, tiếp sau nó là thiết bị chuyển tải 9 (dạng băng tải) để đưa đá vào thiết bị vận chuyển là goòng hoặc ô tô tự đổ.

Bộ phận cắt đá đặt ở cuối của kích giữ có gắn các dao cắt. Do sự chuyển động xoay từ một động cơ điện mà đất đá bị cắt từ từ, sau đó dùng kích 3 để đẩy chúng về phía gương để tiếp tục mở rộng.

Các máy đào hầm có sử dụng bộ phận đào dạng hành tinh được trang bị 6, 4 thậm chí 2 bộ phận dao cắt xoay trên một hướng cắt, đặt trên một sàn công tác dạng khối. Khi xoay bộ phận cắt thì sàn khối cũng bị xoay theo hướng ngược lại.



**Hình 9.32:** Sơ đồ chung của máy đào liên hợp dạng cần loại *TIK-9p* (do Liên Xô cũ chế tạo)

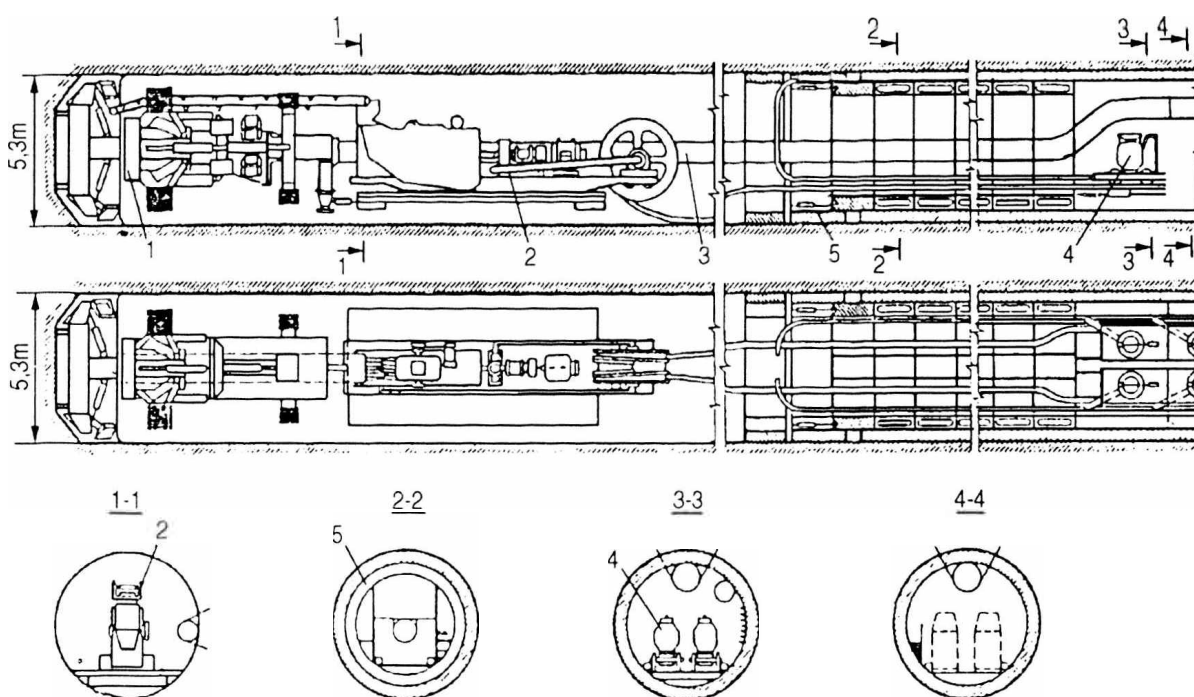
Khi xoay phần dao cắt về một phía, còn sản khối xoay về phía ngược lại, đồng thời đẩy chúng về phía gương bằng kích tăng cường thì xảy ra việc ấn từ từ lưỡi cắt vào đất đá và bỏ lại những xương đất giữa các lưỡi dao cắt. Tiếp theo đẩy dao cắt về những xương này thì phần xương bị vỡ nhỏ ra. Đất đá bị phá nhỏ rơi về đáy hang và được xúc chuyển đi bằng thiết bị xúc dạng băng gầu.

Các dạng tương tự được cải tiến từ các loại cơ bản trên, ví dụ như loại cho phép di chuyển bộ phận cắt xoay theo phương ngang để có thể đào hang tiết diện vuông hoặc chữ nhật.

Các loại máy liên hợp tương tự như "Robbinx" do Mỹ sản xuất. "Virt" do Đức sản xuất, "Đgiarva", "Loureni" của Mỹ, "Đemag" của Đức. Các loại máy này có bộ phận cắt mạnh và có dạng côn tròn, xoay theo chiều kim đồng hồ tốc độ 14,5 vòng/ph trên đó có gắn các bộ phận cắt kết cấu khác nhau.

Áp lực của các bộ phận chức năng lên gương được tạo nên phần lớn do các kích giữ (tăng cường). Trị số của ứng lực này đạt tới 22MN. Do đó máy phải có thêm bộ phận tăng cường về hai bên vách hang bằng kích thủy lực. Áp lực riêng lên vách hang trong điều kiện bình thường từ 1 đến 2 MPa.

Ở Liên Xô trước đây, người ta đã chế tạo tổ hợp AΦΠ-1 để đào toàn tiết diện hầm đường kính 5.3m. Sơ đồ công nghệ thi công được mô tả trên hình 9.33.



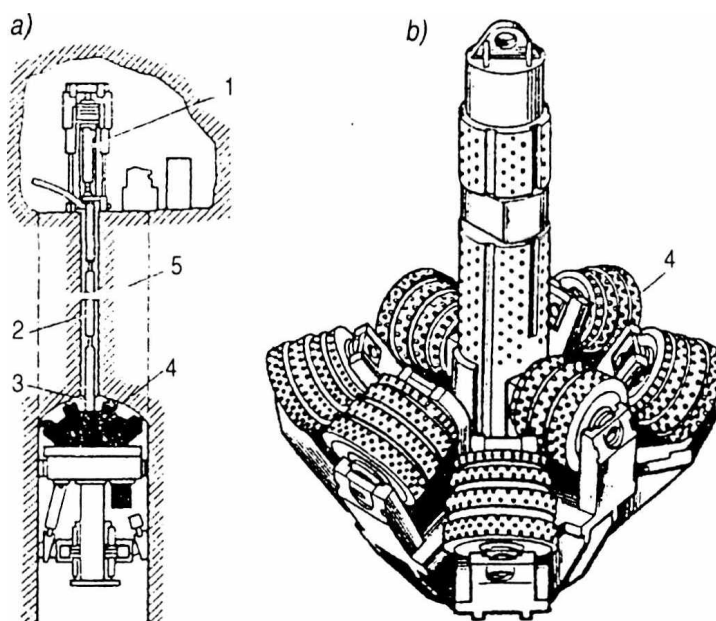
**Hình 9.33:** Sơ đồ thi công hầm bằng tổ hợp AΦΠ-1 (Liên Xô cũ chế tạo)

1. máy đào hầm kiểu AΦΠ-1; 2. thiết bị chuyển tải thủy lực;
3. ống chuyển tải; 4. thiết bị ép khí nén; 5. ván khuôn trượt

Trong đá cứng có giới hạn bền nén  $R_n \leq 70\text{MPa}$  thì bộ phận đào thường thiết kế phá đá trên toàn gương. Trong đá độ bền lớn hơn thì việc đào gương được tiến hành theo nhiều cấp. Đầu tiên phá một phần nhỏ đột phá sau đó là phần còn lại. Điều đó cho khả năng tăng áp lực lên bộ phận cắt đá.

Trong các hang nghiêng đào theo chiều từ dưới đi lên người ta sử dụng các máy đào hầm có bộ phận giữ tăng cường vào hai bên vách tương tự như trong hang ngang. Đất đá có thể dùng vòi xối nước đẩy về phía sau.

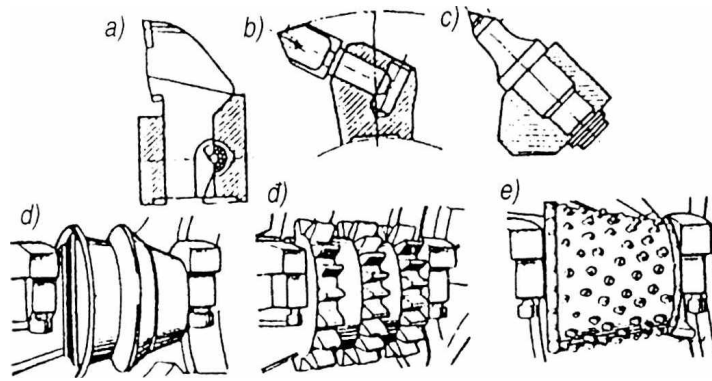
Đối với giếng đứng hoặc hang có độ nghiêng lớn người ta sử dụng các thiết bị chuyên dụng riêng, lắp từ một máy khoan và một bộ phận đào (mở rộng). Thiết bị để đào hang đứng đường kính 3,6m đã được một loạt nước sản xuất. Ở Liên Xô (cũ) người ta đã sản xuất ra máy liên hợp để đào hang thẳng đứng đường kính 1,5 - 1,8m. Trên hình 9.34 là sơ đồ công nghệ đào giếng đứng bằng máy 2KB. Đầu tiên máy khoan 1 khoan một lỗ thẳng đứng 2 đường kính 150 - 350mm. Sau đó người ta gắn vào đầu dưới của cần khoan 3 mũi khoan lớn (mũi khoan kiểu xoay cầu) 4. Bằng cách xoay cần để khoan mở hang đến kích thước tương ứng với đường kính của bộ phận chức năng.



**Hình 9.34:** Sơ đồ đào hầm bằng máy đào liên hợp kiểu khoan  
(loại 2KB do Liên Xô cũ chế tạo)

Bộ phận cắt đá của các máy đào liên hợp và các tổ hợp đào hầm được chia làm dạng thanh, đĩa đơn, đĩa kép và kiểu xoay cầu khác nhau.

Ở các máy đào liên hợp dạng cần xoay chủ yếu dùng lưới cắt dạng thanh. Phạm vi ứng dụng của nó hạn chế trong đá có độ bền nén từ 40 đến 60 MPa và chúng lại được chia ra thành lưới dạng cày, lưới dạng chèo, lưới dạng trụ và dạng côn (hình 9.35a, b, c). Các đĩa và các mũi xoay cầu (hình 9.35d, đ, e) trang bị cho máy hầm đào toàn tiết diện trong đá cứng có giới hạn bền nén từ 100 đến 250 MPa.

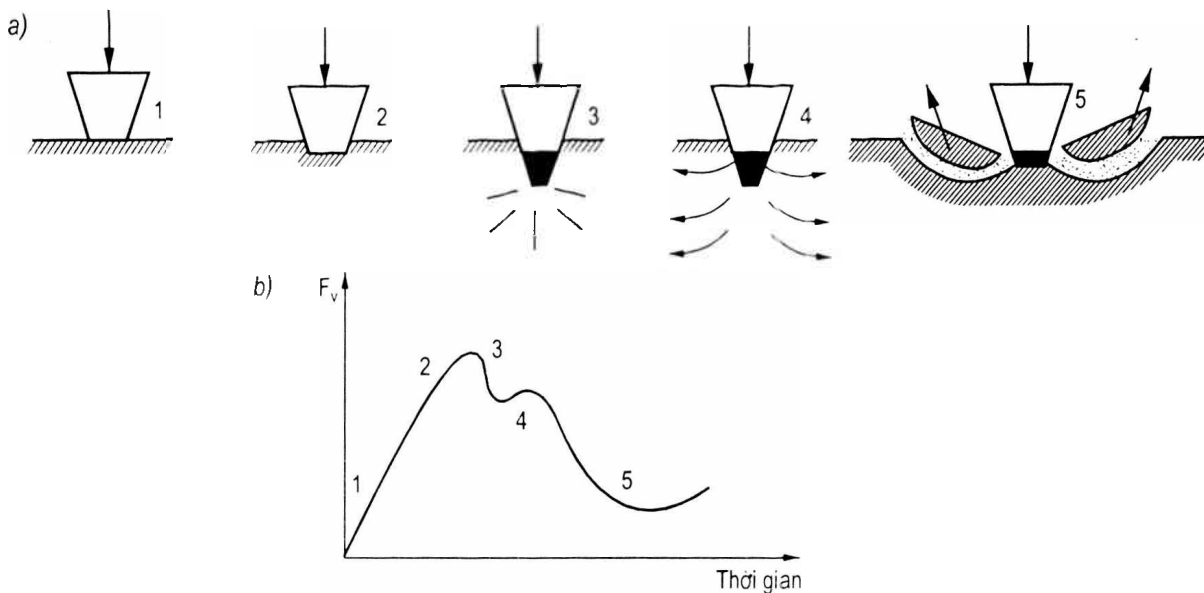


**Hình 9.35:** Dụng cụ cắt của máy đào liên hợp  
a, b, c - Lưỡi cắt thanh dạng cày; dạng cầu xoay; dạng côn;  
d, đ - Cắt dạng đĩa phẳng và đĩa răng; e) Đĩa dạng bì

Các mũi xoay cầu có gắn bi hợp kim sử dụng trong những đá đặc biệt bền (200 -250)MPa.

Như đã nhấn mạnh ở trên, dưới tác dụng áp lực tăng từ từ của kích tăng cường của máy đào hầm, bộ phận làm việc thông qua hệ đĩa hoặc mũi xoay cầu với số lượng xác định sẽ tác dụng lên đá ở gương những lực cần thiết.

Hình 9.36 là sơ đồ nguyên tắc của việc phá đá và đồ thị về sự thay đổi ứng lực thẳng đứng trong từng giai đoạn phá đá nằm dưới tác dụng của đĩa cắt.



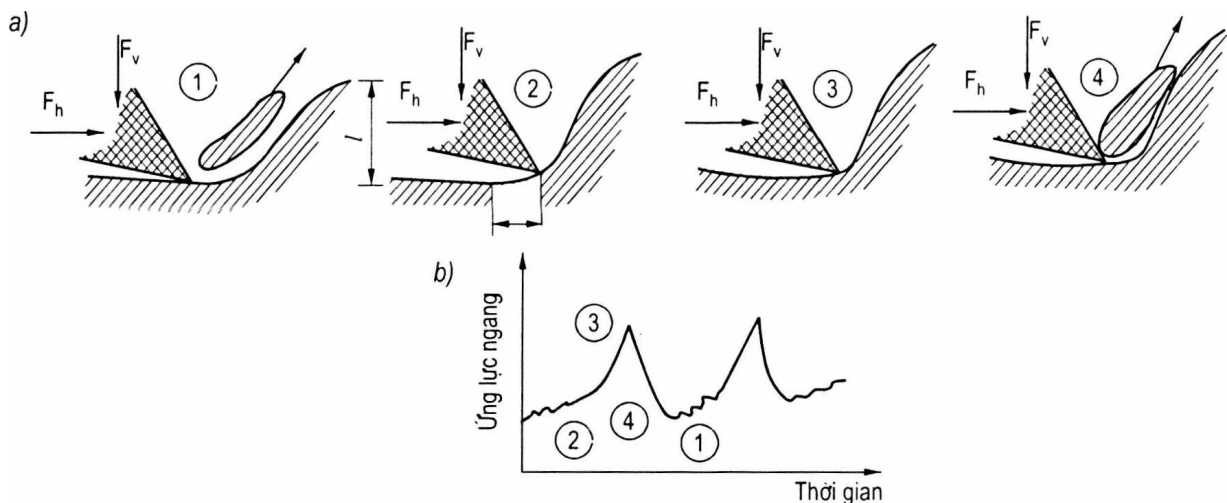
**Hình 9.36:** Sơ đồ nguyên lý phá đá dưới tác dụng của đĩa cắt  
a) Các giai đoạn cắt đá; b) Đồ thị thay đổi của lực thẳng đứng trong từng giai đoạn phá đá

Dưới tác dụng của ứng lực thẳng đứng như chỉ ra ở giai đoạn 1-3 thì lưỡi cắt cắm vào đá. Do mũi lưỡi cắt không phải là nhọn lý tưởng mà ở dưới đường biên của lưỡi đá bị biến dạng và trong đó phát sinh ứng suất cắt (ứng suất tiếp) dẫn đến việc tạo khe nứt.

Tiếp theo các khe nứt theo phương bán kính phát triển, dần dần chúng đạt tới mặt tự do (mặt thoáng) của gương. Thời điểm này xảy ra phá hoại tròn (tức thời) đá và tách chúng thành cục và tạo ra lượng bụi lớn (giai đoạn 4 - 5). Quá trình phá đá như trên cứ tiếp tục tiếp diễn.

Theo chiều quay của bộ phận cắt đá, thì quá trình phá hoại đá như đã mô tả ở trên tiếp tục trên toàn chiều dài chuyển động của lưỡi cắt. Quá trình đó dẫn đến việc tạo thành các rãnh theo quỹ đạo chuyển động của dao cắt. Việc tạo thành mặt thoáng thứ hai do có rãnh sẽ giảm nhẹ tác dụng của dao cắt. Tiếp theo việc phá đá chủ yếu là do cát và đá phá ra có kích cỡ to hơn giai đoạn đầu.

Quá trình phá hoại của đá dưới tác dụng của dao cắt dạng thanh mô tả như trên hình 9.37. Các giai đoạn 1-2 tương ứng với sự dịch chuyển tự do của dao cắt sau khi làm trượt các hạt đất đá, ứng lực nằm ngang lên dao cắt không lớn lắm và cần thiết để khắc phục lực ma sát hay cát qua những chỗ lồi không lớn của mặt đá. Giai đoạn 3 là giai đoạn ấn từ từ dao cắt vào đá, ứng lực ngang lên dao tăng đáng kể. Sự trượt lần lượt các hạt của đá theo khe nứt vỡ tương ứng với giai đoạn 4.



**Hình 9.37:** Sơ đồ phá đá bằng dao cắt dạng thanh  
a) Các giai đoạn tác dụng của dao lên đá; b) Sự phụ thuộc của ứng lực ngang lên dao cắt ở từng giai đoạn theo thời gian

Mô hình phá hoại tương tự là đặc trưng đối với các đá ròn. Theo các lý thuyết nghiền đập đá khác nhau thì lượng tiêu hao năng lượng của máy hầm là tỷ lệ với sự tăng của các mặt tự do ở dạng rãnh hay khe tạo nên trên mặt phẳng của gương đào.

Việc nghiền phá đá quá nhỏ dẫn đến sự tiêu hao vô ích năng lượng. Năng lượng thừa này sẽ biến thành nhiệt năng do ma sát lưỡi cắt vào mặt đá.

Như vậy quá trình phá đá và tiêu hao năng lượng vào việc phá đá phụ thuộc rất nhiều vào việc chọn đúng đắn loại lưỡi cắt, số lượng lưỡi và bố trí chúng trên bộ phận công tác của máy.

Những đặc trưng sau đây được xem là những đặc trưng cơ bản khi xử lý đá bằng các loại dao cắt của máy hầm:

- Độ bền của đá tức là các tính cơ học xác định năng lượng của máy cần khắc phục khi cắt và ấn lưỡi vào đá.
- Độ ăn mòn, tương ứng với độ xâm thực của đá đối với vật liệu làm dao cắt. Do tác động này làm thay đổi hình dạng hình học của lưỡi cắt, nó phản ánh năng suất đào và lượng tiêu hao các công cụ đá khi đào và ảnh hưởng đến giá thành công việc thi công.
- Cấu trúc và độ nứt nẻ của đá, nó xác định hình thức và dạng của công cụ cắt.

Việc chọn kết cấu máy đào hầm và công cụ cắt đá trên bộ phận công tác của máy phụ thuộc vào hình dạng hình học của hang, các điều kiện địa chất công trình theo tuyến hầm, các tính chất cơ lý của đá, (độ bền, độ cứng, độ ròn và độ mài mòn) và các điều kiện thi công.

## §11. TÍNH NĂNG SUẤT MÁY ĐÀO LIÊN HỢP

Tính toán năng suất máy đào liên hợp là cần thiết để xác định tốc độ đào hang trong giai đoạn thiết kế, để chọn số lượng máy móc với thời hạn thi công quy định và để so sánh tốc độ thực tế trong điều kiện cụ thể với tốc độ tính toán.

Các chỉ tiêu cơ bản khi đánh giá năng suất các dạng máy đào liên hợp là lượng đất đá đào ra trong quá trình thi công, tốc độ đào trong một đơn vị thời gian. Người ta phân biệt ba dạng năng suất: năng suất lý thuyết, năng suất kỹ thuật và năng suất khai thác.

Năng suất lý thuyết (năng suất cực đại) của máy đào liên hợp kiểu cần xoay với bộ phận công tác dạng một lưỡi cắt hình côn đặt trên cần di động, xác định theo công thức:

$$Q_{lt} = 60 \cdot d_{\phi} \cdot B \cdot \delta \cdot m \cdot \rho \quad (\text{tán/giờ}) \quad (9.1)$$

trong đó:  $d_{\phi}$  - đường kính tối đa của lưỡi cắt hình côn từ đầu lưỡi, m;

$\delta$  - chiều dày lớp đá bị cắt sau một vòng của bộ phận công tác trong điều kiện địa chất đã biết, m (lấy theo bảng 9.1);

$B$  - trị số tối đa ấn sâu của bộ phận công tác vào đất đá và bằng chiều dài dao cắt, m;

$m$  - tần số hiệu quả xoay của bộ phận công tác của máy hầm, vg/ph;

$\rho$  - mật độ của đá ở trong khối, t/m<sup>3</sup>.

Tốc độ đào hầm lý thuyết (cực đại) của máy đào được xác định theo công thức:

$$V_{lt} = \frac{Q_{lt}}{S_{\phi}} = \frac{60 d_{\phi} B \delta m}{S}, \text{ m / h} \quad (9.2)$$

trong đó:  $S$  - diện tích tiết diện ngang của hang, m<sup>2</sup>.

**Bảng 9.1**

Tên đá, hệ số độ cứng	Chiều sâu ấn của công cụ cắt vào đá $\delta$ (m)	
	Đá cứng không nứt nẻ	Đá nứt nẻ
Các loại diệp thạch, đá mácnơ chặt, đá vôi, đolômit, argilit chặt... ( $f_k = 3 \div 4$ )	1 - 1,5	1,5 - 2
Đá vôi, sa thạch cát kết, diệp thạch cứng, argilit, alevrolit... ( $f_k = 4 \div 6$ )	0,75 - 1,0	1,25 - 1,5
Đá vôi cứng, sa thạch, diệp thạch kết tinh, granit, đá gơnai phong hoá ( $f_k = 6 \div 10$ )	0,5 - 0,75	0,75 - 1,25
Granit hạt trung, diabaz, gơnai cứng, poocfirit ( $f_k = 10 \div 14$ )	0,25	0,25 - 0,5
Bazan cứng, diabaz, andezit, đá vôi cực kỳ cứng, sa thạch có độ mài mòn cao ( $f_k = 14 \div 18$ )	0,1 - 0,15	-

Năng suất kỹ thuật của máy đào liên hợp kiểu cần xoay biểu thị qua tốc độ đào lang ngậm hay khối lượng đá đào ra trong một đơn vị thời gian có xét đến việc dừng máy đưa vào vị trí mới và gia cố nóc hang (khi cần thiết) xác định theo các công thức:

$$\begin{cases} Q_{KT} = Q_{lt} \cdot K_T, \text{ t/h} \\ V_{KT} = V_{lt} \cdot K_T, \text{ m/h} \end{cases} \quad (0.3)$$

trong đó:  $K_T$  - hệ số làm việc không liên tục của máy,  $K_T = 0,7 \div 0,8$ ;

Năng suất khai thác trong một ngày đêm có xét đến các hiện tượng dừng máy khác và bằng:

$$\begin{cases} Q_{vh} = Q_{KT} \cdot K_{vh}, \text{ t/ngày đêm} \\ V_{vh} = V_{KT} \cdot n, \text{ t/ngày đêm} \end{cases} \quad (0.4)$$

trong đó:  $n$  - tổng thời gian của các ca làm việc trong vòng một ngày đêm  $h$ ; ( $n = 20 \div 24h$ ).

Khi tổ chức tốt công việc ở trong gương và tiến hành tốt các giải pháp nghiệp vụ thì  $K_{vh} = 0,6 \div 0,8$ .

Năng suất lý thuyết của máy đào hầm tiến hành đào toàn gương được xác định bằng các biểu thức sau:

$$Q_{lt} = 60 \cdot S \cdot \delta \cdot m \cdot p, \text{ t/h} \quad (0.5)$$

$$Q_{lt} = 60 \cdot \delta \cdot m, \text{ m/h} \quad (0.6)$$

Năng suất kỹ thuật của máy đào hầm được xác định theo các công thức:

$$Q_{KT} = Q_{lt} \cdot K'_T, \text{ t/h} \quad (0.7)$$



$$Q_{KT} = V_{lt} \cdot K'_T, \text{ m/h} \quad (9.8)$$

ở đây:  $K'_T$  - hệ số không liên tục tính cho một giờ làm việc của máy và băng:

$$K'_T = \frac{1}{1 + T_{dm}} \quad (8.9)$$

với  $T_{dm}$  - thời gian dừng máy không xét đến những chi phí thời gian vào việc xử lý các sự cố kỹ thuật trong quá trình làm việc, đổi ca, thay lưỡi cắt, h.

Thời gian dừng máy quy đổi cho một giờ làm việc liên tục được tính bằng tổng các chi phí sau:

$$T_{dm} = t_1 + t_2 \quad (9.10)$$

ở đây:  $t_1$  - thời gian cần thiết để gia cố hang;

Trên cơ sở số liệu thực tế  $t_1$  có thể lấy tùy thuộc vào trạng thái và sự ổn định của hang:

$f_k$	$> 12$	$12 - 8$	$8 - 6$	$< 6$
$t_1$ (h)	$0 - 0,25$	$0,25 - 0,5$	$0,5 - 1$	$2 - 3$

$t_2$  - thời gian di chuyển máy sang vị trí xuất phát mới sau khi kết thúc một chu kỳ đào:

$$t_2 = \frac{l_z}{60v_n} n_1 + t_0 \quad (9.11)$$

với  $n_1 = 0,5 \div 2$  là số lần di chuyển trong 1 giờ;

$l_z$  - chiều dài một bước đào, xác định bằng bước đi tối đa của kích, cm;

$v_n$  - tốc độ di chuyển của pistông kích, cm/ph.

Trong các kết cấu hiện đại của các máy tương tự  $l_z = 0,75 \div 1,25\text{m}$  và  $v_n = 25 \div 50\text{cm/ph}$

$t_0$  - thời gian dựng các kích giữ và định hướng cho máy hầm,  $t_0 = 6 \div 8\text{ph}$ .

Năng suất khai thác tính cho một ngày đêm của máy đào hầm được xác định theo biểu thức (9.4). Trong trường hợp này theo số liệu thực tế, xuất phát từ hiệu quả sử dụng các máy đào hầm khi đào toàn gương  $K_{vh} = 0,55 \div 0,65$  trong điều kiện địa chất công trình bất lợi;  $K_{vh} = 0,7 \div 0,8$  trong điều kiện bình thường.

## Chương 10

# THI CÔNG HANG ĐỨNG, HANG XIÊN

Trong thi công các tổ hợp ngầm cũng thường gặp các hang đứng (giếng) như các bể điều áp, hang xiên như các hầm dẫn nước vào nhà máy thủy điện v. v... Việc xây dựng các hang đứng và hang xiên cũng có những đặc điểm riêng.

Ngoài ra, để mở diện thi công cho hầm có chiều dài lớn và khi đào các gian máy ngầm cũng thường gặp phải các hang phụ thẳng đứng hoặc nghiêng. Ví dụ như khi xây dựng hầm xả tràn cho sông Arpa lớn nhất ở Liên Xô trước đây vào hồ Xêvan đã phải xây dựng 4 giếng chiều dài chung 1560m. Khi xây dựng nhà máy thủy điện Inguri ở cộng hoà Grudia đã xây dựng bể điều áp đường kính 21m, giếng dẫn cáp sâu 100m, 5 nhánh dẫn nước vào tuabin nghiêng v. v...

Giếng là những hang thẳng đứng có cửa thông với mặt đất. Tùy thuộc vào thời hạn phục vụ giếng có thể là tạm thời và cũng có thể là vĩnh cửu.

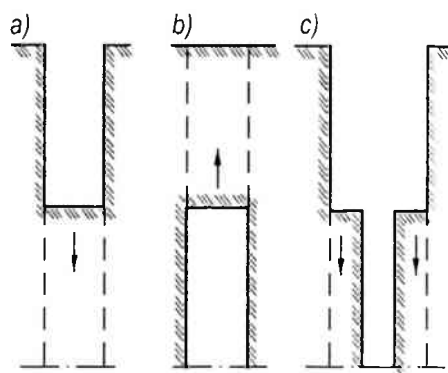
Giếng tạm là những giếng để phục vụ thi công công trình chính thời hạn phục vụ là thời hạn thi công công trình chính. Giếng vĩnh cửu là những giếng là thành phần để khai thác công trình như giếng thông gió, giếng cáp, giếng dẫn nước vào nhà máy, giếng xả tràn, bể điều áp...

### §1. XÂY DỰNG GIẾNG ĐỨNG

#### 1. Khái niệm chung

Việc thi công giếng đứng có thể tiến hành bằng những phương pháp khác nhau: theo hướng từ dưới lên và theo hướng từ trên xuống trên toàn tiết diện theo giếng định hướng (hình 10.1).

Việc chọn phương pháp thi công giếng phụ thuộc vào quy hoạch chung của tổ hợp công trình ngầm, điều kiện địa hình, thời hạn xây dựng, địa chất công trình, kích thước và chiều sâu giếng. Ở những giếng sâu (> 100m) khi không có các hang ngang phụ, thời hạn thi công bức bách thì công tác đào giếng và đổ bê tông giếng thường theo hướng từ trên xuống nhờ các tổ hợp đào mở.



**Hình 10.1:** Phương pháp đào giếng

a) Đào toàn tiết diện từ trên xuống;

b) Đào toàn tiết diện từ dưới lên;

c) Mở rộng khi dùng hang dẫn.

Khi có hang ngang phụ, trong đá ổn định, giếng không sâu ( $\leq 100\text{m}$ ) thì tiến hành đào từ dưới lên. Việc đổ bê tông vỏ tùy thuộc vào công dụng của giếng, loại công trình mà theo hướng từ dưới lên hoặc từ trên xuống.

Các giếng đường kính lớn hơn 5m, trong đó có các bể điều áp của các trạm thủy điện, khi có các hang ngang ở dưới, các giếng định hướng thường được đào từ dưới lên còn đào mở rộng đến tiết diện thiết kế và đổ bê tông thì theo hướng từ trên xuống.

Ở những giếng sâu và tiết diện lớn, khi có các hang ngang ở phía dưới, để rút ngắn thời hạn thi công giếng có thể thi công giếng định hướng theo cả hai gương từ trên xuống và từ dưới lên.

Trong mỗi trường hợp cụ thể phải chọn thiết bị đào, thành lập các tổ đội thi công, phải đảm bảo tiến độ đào giếng đã quy định.

Một trong những quá trình phức tạp của công tác đào giếng là bốc và vận chuyển đá. Việc đưa đá lên thường nhờ tháp giếng và tời.

Nếu giếng chỉ để mở các gương phụ dọc theo hầm sau khi xây xong thì giếng thường được trang bị một thiết bị nâng có hai ngăn để trục goòng nặng lên và đưa goòng không vào gương. Tốc độ nâng tối đa bằng tời đặt trên bề mặt là 3m/s. Năng suất nâng đất đá cho một ngăn là:

$$P_k = \frac{60q \cdot k_n}{(T_n + T_o)k_p}, \text{ m}^3 / \text{h} \quad (10.1)$$

trong đó:

$q$  - dung tích hình học của goòng hoặc thùng,  $\text{m}^3$ ;

$k_n$  - hệ số dây goòng,  $k_n = 0,7 \div 0,8$ ;

$k_p$  - hệ số tời của đất đá,  $k_p = 1,1 \div 1,3$ ;

$T_n$  - thời gian nâng và hạ lồng (thùng), ph;

$T_o$  - thời gian đưa goòng vào lồng tời, định vị nó và đưa goòng ra khỏi lồng, ph.

Khi thiết bị nâng hai thùng (hai ngăn) thì năng suất tăng chừng hai lần.

Trong những hang nghiêng, việc trục đất đá đào ra, hạ goòng không và đưa vật liệu xuống bằng các goòng kín chạy trên ray có tời kéo và tời hãm.

Việc đào giếng được thực hiện bằng khoan nổ mìn hoặc phương pháp cơ giới hoá. Phương pháp cơ giới hoá đã được nêu trong chương 8.

## 2. Đào giếng theo hướng từ trên xuống

Việc đào giếng theo hướng từ trên xuống bao gồm các dạng công việc chính sau: khoan nổ mìn, bốc đất đá, xây vòm chống và công tác lắp đặt khung thang máy, ống, cáp, thiết bị thang lên xuống... Tùy thuộc vào trình tự thực hiện các công việc bốc đá và xây

vỏ trong thực tế các sơ đồ công nghệ sau được sử dụng: sơ đồ tuần tự, song song hoặc hỗn hợp.

**Sơ đồ tuần tự:** xem xét việc phân giếng ra thành từng bước công nghệ (20 - 30m). Trong mỗi bước bắt đầu từ trên xuống theo thứ tự đào đất đá, bốc xúc đưa đất đá ra ngoài, dựng vì chống tạm và sau đó xây vỏ hầm.

**Sơ đồ song song:** xem xét việc đào đất đá và xây vỏ đồng thời ở hai bước đào liên nhau, tức là chậm sau nhau 8 - 10m theo chiều cao. Với sơ đồ này, việc khoan, nổ mìn và thải đá được bắt đầu sau khi kết thúc xây vỏ ở bước đào trước.

**Sơ đồ hỗn hợp** xem xét tất cả các công đoạn; thải đá, xây vỏ trong một chu trình đào thống nhất. Hai sơ đồ sau đảm bảo tiến độ xây dựng giếng nhanh hơn, nhất là các giếng sâu (từ 400m trở lên) nhưng đòi hỏi các thiết bị phức tạp và năng suất cao.

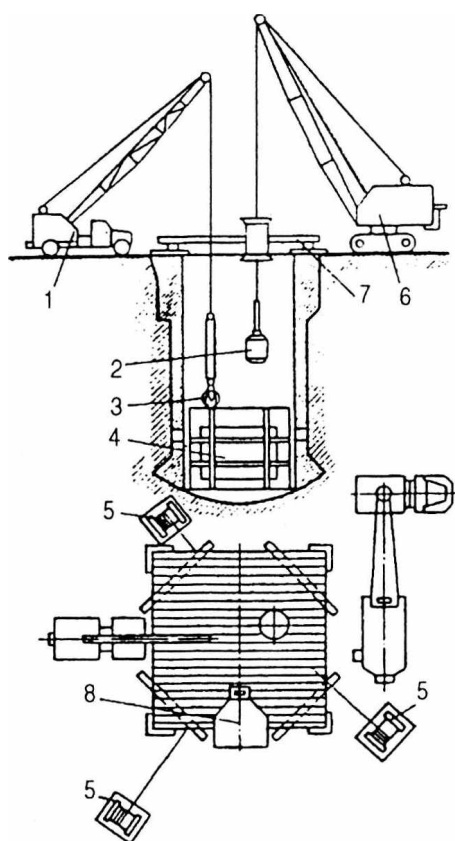
Xây dựng giếng bắt đầu từ việc xây dựng miệng giếng có vỏ bê tông và có một vòng giữ khoẻ hơn để tiếp nhận áp lực thẳng đứng do trọng lượng tháp và các ngoại tải khác.

Trên hình 10.2 là một phương án xây miệng giếng bằng máy xúc 6 và cần cẩu ô tô 1 có trang bị gầu ngoạm 3 để thải đá. Sau khi kết thúc việc xây miệng giếng, tiến hành lắp khung cơ sở 7 để che miệng giếng và để lắp đặt các ống dẫn khác nhau, trong đó ống để cấp bê tông, để lắp ben 8 (dạng phễu), cáp, các ngăn để hạ các thùng chứa 2 v.v... Ván khuôn 4 được treo và dịch chuyển nhờ tời 5.

Việc lắp ráp tháp từ các khâu kết cấu thép được bắt đầu sau khi đổ bê tông móng của chúng. Quá trình tổ hợp tháp thường mất 1-1,5 tháng. Tháp đào dùng để nâng hạ các trang thiết bị, giữ các sàn treo và các tổ hợp cơ khí hoá khác như trên hình 10.3.

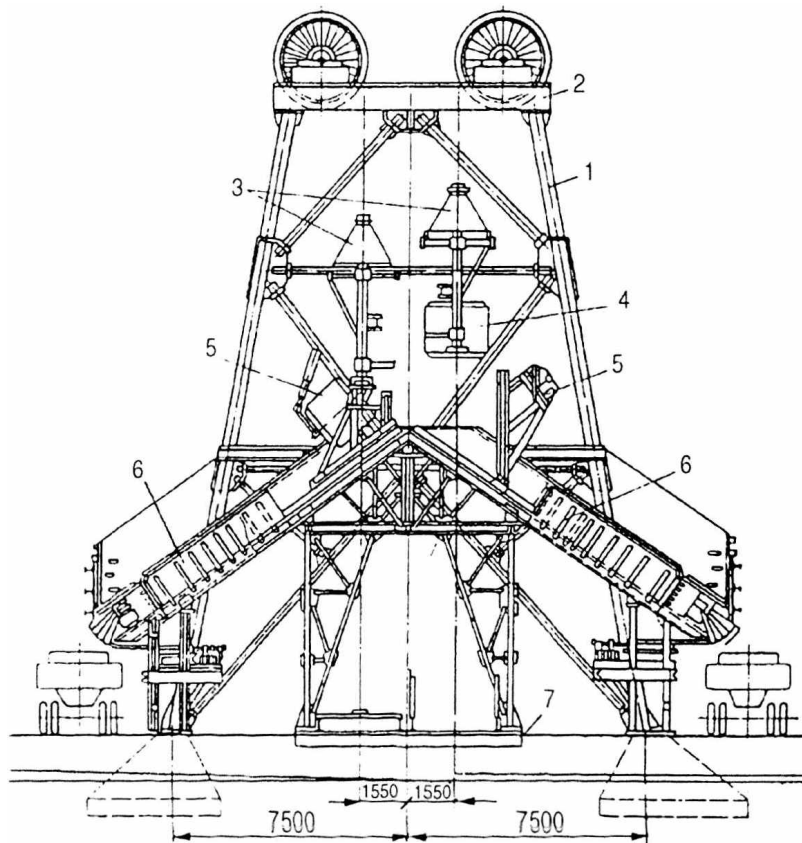
Năng suất xây dựng giếng phụ thuộc rất nhiều vào các yếu tố tổ chức và yếu tố công nghệ, đầu tiên phải kể đến sơ đồ công nghệ, chủng loại và số lượng thiết bị khoan, thiết bị nâng hạ: loại vì chống tạm và vĩnh cửu.

Việc khoan lỗ và thải đá là các công đoạn chủ yếu của công tác đào. Việc xây vỏ với sơ đồ hỗn hợp được thực hiện không phụ thuộc vào công tác khoan nổ mìn và ít ảnh



**Hình 10.2:** Thi công miệng giếng

hưởng đến chiều sâu lỗ khoan. Khi thi công tuần tự và song song thì việc dựng vì chống tạm cũng đưa vào thành phần của chu kỳ đào.



**Hình 10.3:** Thiết bị tháp để đào giếng khi vận tải bằng ô tô

1. khung tháp; 2. sàn công tác; 3. khung định hướng; 4. thùng vận chuyển;  
5. khung đỡ tải; 6. máng đá; 7. mặt bằng thi công ở cao độ 0.

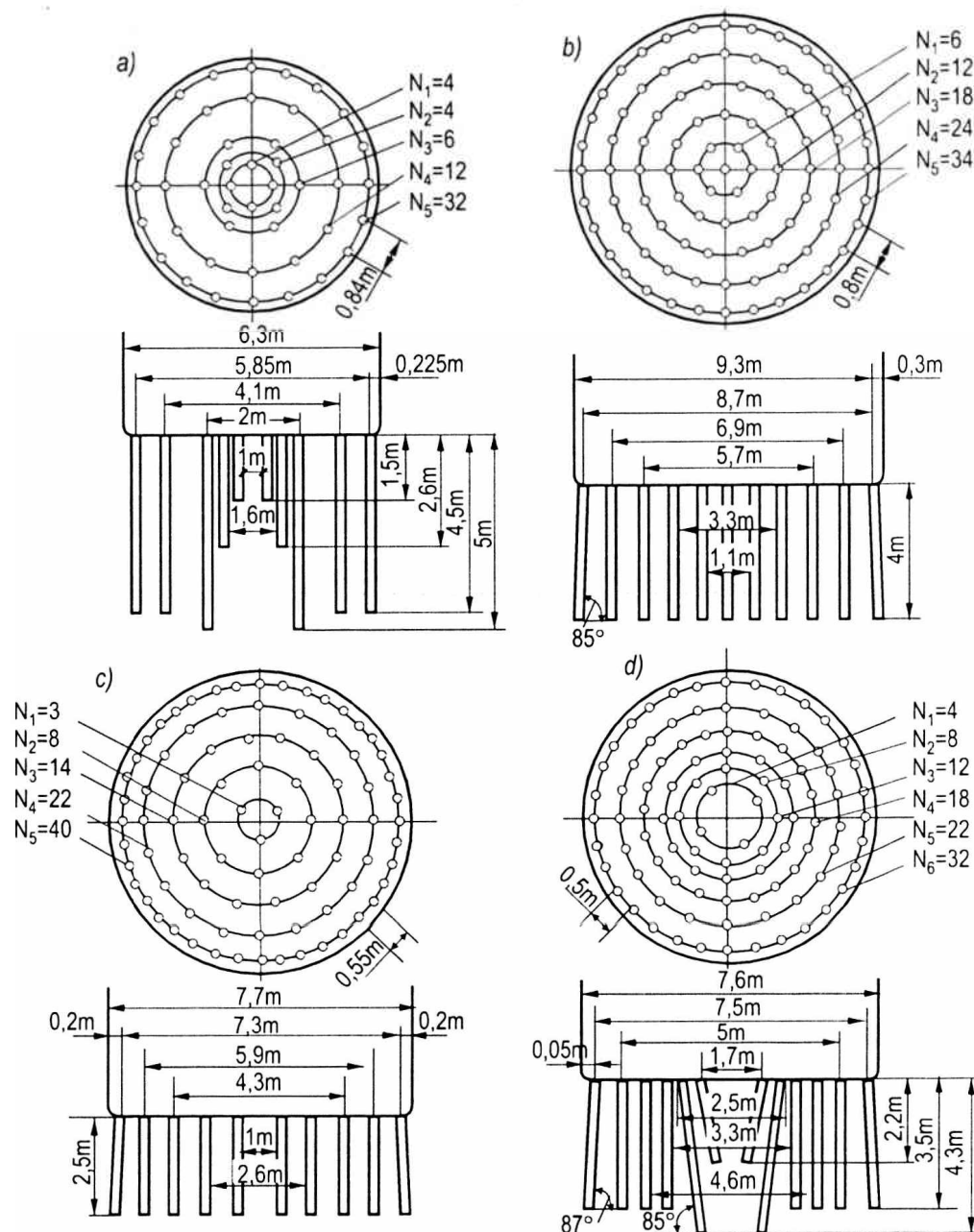
Ở những giếng tiết diện tròn thì các lỗ mìn được bố trí theo các vòng tròn đồng tâm. Sơ đồ bố trí các lỗ mìn như trên hình 10.4. Việc bố trí đúng đắn các lỗ mìn biên sẽ giảm lượng đào vượt rất nhiều. Việc nổ mìn tạo biên không chỉ làm giảm lượng đào vượt mà còn làm tăng sự ổn định của giếng và khối đá xung quanh. Các sơ đồ a-d trên hình 10.4 là các ví dụ về bố trí các lỗ mìn trên gương đào giếng.

Số lượng các lỗ mìn biên:

$$N_b = \frac{\pi(D-2a)}{b} \quad (10.2)$$

trong đó:

- a - khoảng cách giữa trục lỗ biên và vách giếng, m;
- b - khoảng cách giữa các lỗ mìn biên, m;
- b = 0,60 ÷ 0,80m;
- D - đường kính của giếng, m.



**Hình 10.4:** Sơ đồ bố trí lỗ mìn trong gương đào giếng

Số lượng lỗ mìn đào và đột phá:

$$N = S_o \frac{q}{q_o} \quad (10.3)$$

trong đó:  $S_o$  - diện tích tiết diện giếng do lỗ đào và đột phá phụ trách,  $m^2$ ;

$q$  - lượng tiêu hao thuốc nổ để phá  $1m^3$  đá chặt,  $kg/m^3$ ;

$q_o$  - lượng tiêu hao thuốc cho  $1m$  lỗ,  $kg$ .

Đối với các lỗ đột phá và lỗ mìn đào  $q_o = 1 \div 1,25kg$ , còn lỗ biên  $q_o = 0,6 \div 0,8kg$ .

Tổng số lỗ mìn chung sẽ là:

$$N_{\text{chung}} = N_b + N$$

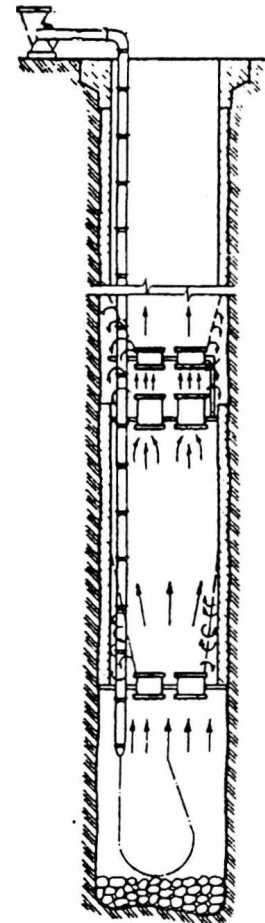
Tổng lượng thuốc cho 1m giếng :  $\Sigma Q = S_o \cdot q + N_b \cdot q_o$ , kg

Khi nổ mìn tạo biên thì khoảng cách giữa các lỗ mìn biên theo chu vi hàng giảm xuống 0,4 - 0,5m và nạp mìn phân đoạn theo chiều dài lỗ.

Trong những giếng không sâu, đường kính lớn dùng làm bể điều áp, gian máy kiểu giếng cho các nhà máy thủy điện hoặc thủy tích điện thì việc nổ mìn tạo biên theo phương pháp tạo khe trước là rất có hiệu quả.

Việc khoan lỗ được thực hiện bằng các búa khoan tay và các thiết bị khoan chuyên dụng. Số lượng máy khoan được chọn xuất phát từ diện tích gương cần thiết cho một máy khoan làm việc từ 4 đến 6m<sup>2</sup>.

Ngày nay trong thi công giếng ở Nga và các nước thuộc Liên Xô (cũ) người ta sử dụng rộng rãi các loại máy khoan loại БУКC và CMБУ. Thiết bị khoan БУКC-1M gồm 4 búa khoan cùng với các bộ phận tự đẩy, gắn trên các cột di động được. Việc đưa máy vào gương được thực hiện nhờ bộ phận truyền động kiểu KC-2y/40. Thiết bị khoan CMБУ-3M và CMБУ-4 dùng để khoan các lỗ thẳng đứng hoặc có độ nghiêng lớn, lắp từ một cột trung tâm, trên cột này có gắn 3-4 tay búa cùng với các búa khoan. Từng búa khoan đều có khả năng di chuyển theo gương đào.



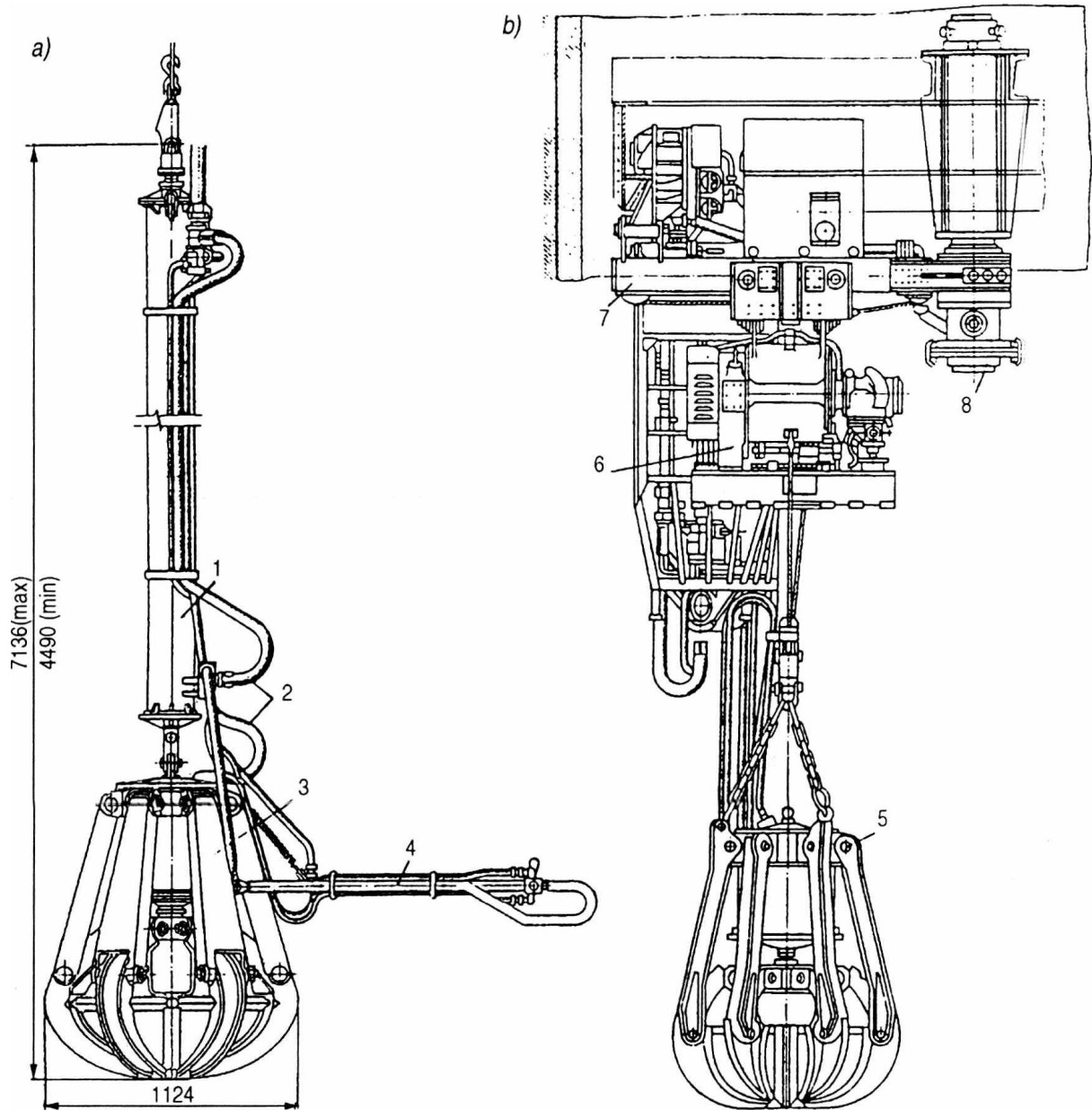
**Hình 10.5:** Sơ đồ thông gió cho gương đào giếng

Để thông gió cho gương đào giếng thường sử dụng quạt theo sơ đồ ép như mô tả trên hình 10.5. Thời gian thông gió gương sau nổ mìn là 20-30 phút.

Việc thải đá ở gương đào giếng là một trong những công đoạn khó khăn nhất và thường sử dụng gầu ngoạm. Theo phương pháp di chuyển theo gương người ta phân ra gầu ngoạm điều khiển thủ công và gầu ngoạm cơ giới hoá. Trên hình 10.6a, b là các gầu ngoạm chạy bằng khí nén điều khiển thủ công (bằng tay) và điều khiển cơ giới hoá. Phạm vi ứng dụng của chúng hạn chế với giếng đường kính  $\leq 5$ m.

Trong những giếng kích thước lớn (thường từ 8 đến 8,5m) người ta sử dụng máy xúc kiểu hai gầu 2KC-2y/40. Loại này mỗi thợ máy phụ trách một gầu ngoạm và làm việc độc lập với nhau.

Năng suất của máy xúc kiểu gầu ngoạm phụ thuộc vào tiết diện hạng, vào sức nâng của gầu ngoạm, vào kích cỡ của đá và mức độ tơi của chúng.



**Hình 10.6: Gầu ngoạm**

a) Có tay điều khiển; b) Điều khiển cơ giới hoá;

1. thiết bị nâng bằng khí nén; 2. ống khí nén; 3. gầu  $0,22\text{m}^3$ ; 4. thiết bị lái;  
5. gầu  $0,64\text{m}^3$ ; 6. bộ điều khiển; 7. khung xoay; 8. trục giữa

Trong quá trình xúc đá bằng gầu ngoạm, năng suất sẽ giảm dần do tăng độ chặt của đất đá nằm dưới, một mặt do tác động của trọng lượng bản thân, mặt khác do tác dụng đầm nén của gầu ngoạm trong thời gian xúc lớp trên tơi hơi (pha I). Khối lượng của đá trong pha II (chặt hơn) chiếm 15% khối lượng chung nổ ra. Khi xúc pha II năng suất máy xúc giảm đi so với pha I là 3-4 lần. Do đó trong pha II thường phát sinh yêu cầu phải làm tơi lại đất đá.



Năng suất khai thác của máy xúc được xác định có xét đến chế độ làm việc của chúng, phương pháp nâng và sơ đồ công nghệ thi công giếng, thời gian chung để bốc đá sẽ là:

$$T_o = T_1 + T_2 + T_3$$

trong đó:

$T_1$  - thời gian xúc đá trong pha I;

$T_2$  - Thời gian xúc đá trong pha II;

$T_3$  - thời gian mất mát công nghệ do nâng thiết bị.

Việc nâng hạ các thùng theo giếng được thực hiện theo sơ đồ nâng một hoặc hai đầu. Với sơ đồ nâng một đầu có hai thùng ở tư thế làm việc, một mang tải, một không. Với sơ đồ nâng hai đầu thì có ba thùng ở trạng thái làm việc. Sơ đồ nâng hai đầu như trên hình 10.7.

Thời gian nâng không được vượt quá thời gian xúc đá, có nghĩa là:

$$T_n \leq \frac{K_t V_t}{K_g V_g} t_g \quad (10.5)$$

trong đó:

$K$  - hệ số chất đầy thùng để chuyển đá;  $K = 0,7 \div 0,9$

$k_g$  - hệ số đầy gầu xúc,  $k_g = 0,9 \div 1,0$ ;

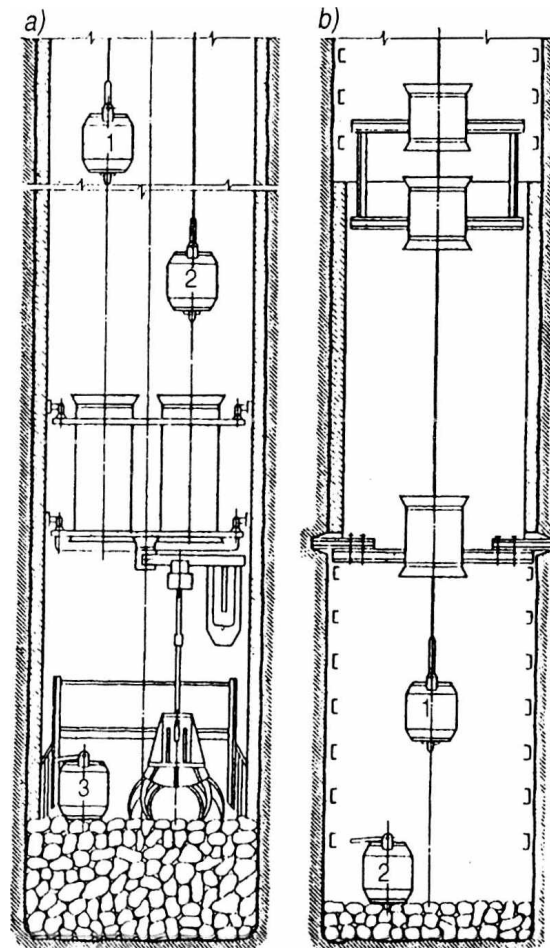
$V_t, V_g$  - dung tích thùng và dung tích gầu (lấy theo tính năng kỹ thuật của thiết bị);

$t_g$  - thời gian một chu kỳ xúc của gầu ngoạm,  $t_g = 30 \div 40s$ .

Các thùng công tác được chế tạo có dung tích từ  $0,5$  đến  $2m^3$ , có loại thùng chứa đến  $6,5m^3$ . Tốc độ nâng thùng trong phạm vi  $6-12m/s$ . Tuy nhiên, việc tăng dung tích thùng chứa sẽ ảnh hưởng đến năng suất nâng lớn hơn là ảnh hưởng đến tốc độ nâng.

Khi có nước ở gương thì tùy theo lưu lượng của nước, chiều sâu giếng mà bố trí các hố thu, bơm nước. Trong những trường hợp, khi nguồn nước trong giếng vượt quá  $8 m^3/h$  thì công trình phải chuyển sang thi công bằng các phương pháp đặc biệt: có màng chống thấm hoặc phương pháp đóng băng nhân tạo.

Vì chống tạm cho giếng có thể là neo, bê tông phun hoặc vòng thép lắp ghép từ 6 đến 8 khâu chế tạo bằng thép có tiết diện chữ [ số hiệu từ N<sup>o</sup>16 đến N<sup>o</sup>22.



**Hình 10.7: Các sơ đồ nâng**  
a) Sơ đồ hai đầu; b) Sơ đồ một đầu.  
1, 2, 3 - số hiệu thùng.

Trong các giếng đứng chiều sâu  $\leq 300\text{m}$  xây dựng trong vùng núi thì chiều dài neo  $l_a$  có thể xác định số bộ như sau:

$$l_a = k_1 k_2 \sqrt{D} \quad (10.6)$$

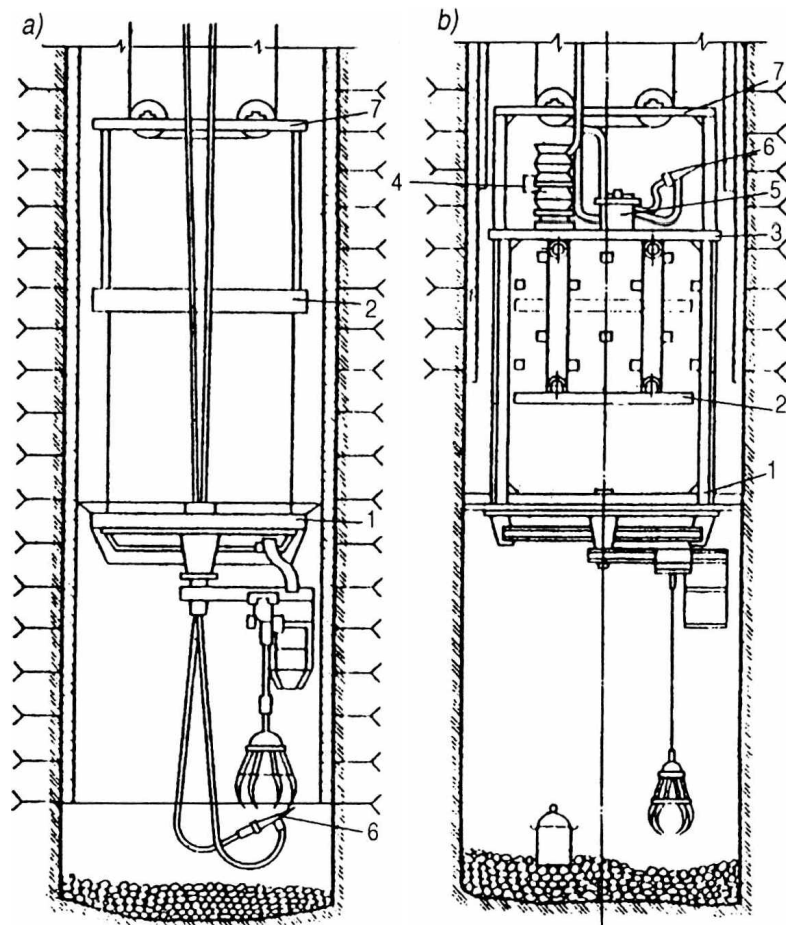
trong đó:  $k_1$  - hệ số phụ thuộc vào chiều sâu giếng (chiều sâu giếng từ 50 đến 300m lấy  $k_1 = 1,0 - 1,5$ );

$k_2$  - hệ số xét đến tính ổn định của địa tầng, khi địa tầng khô, tương đối ổn định với  $f_k \geq 4$ ,  $k_2 = 0,5 \div 0,75$ , đối với địa tầng kém ổn định  $f_k = 2 \div 3$ ,  $k_2 = 0,75 \div 1,0$ ;

D - đường kính của giếng;

Trong địa tầng kém ổn định việc đặt neo và phun bê tông phủ theo từng bước 1,5 - 2,0m ngay sau khi nổ mìn. Khoảng bỏ trống cho phép không lớn hơn 1,0 - 1,5m.

Trong các địa tầng ổn định cho phép để lộ vách. Việc đặt neo hay phun bê tông phủ có thể tiến hành nhờ sàn treo và khoảng trống (không phun) có thể 10-15m kể từ gương. Việc đặt neo và thả đá có thể tiến hành song song (hình 10.8).



**Hình 10.8:** Sơ đồ xây vỏ giếng từ gương (a) và sử dụng sàn treo (b)

1, 2, 3. các tầng của sàn đào giếng; 4. thiết bị phun bê tông; 5. thùng nước;

6. đầu phun; 7. sàn bảo vệ

Chiều dày bê tông phun trong đá yếu đối với giếng tròn được xác định như sau:

$$h_H = 1,25.r_0 \left( \sqrt{\frac{1,25R_b}{1,25R_b - 2q}} - 1 \right) - 50, \text{ mm}$$

trong đó:  $r_0$  - bán kính thông thủy của giếng, mm;

$R_b$  - độ bền tính toán của bê tông phun, MPa;

$q$  - lực nằm ngang lên vì chống (kể cả áp lực địa tầng và áp lực nước ngầm), MPa.

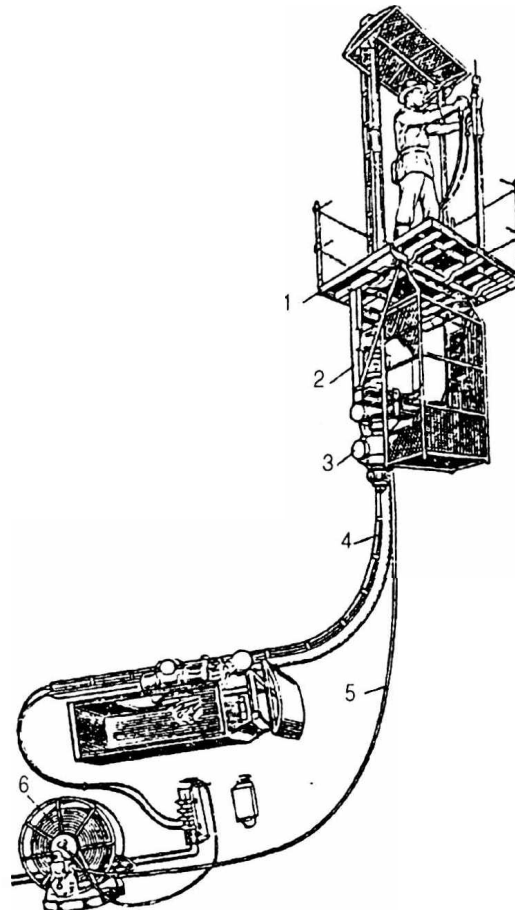
Để xây vỏ bê tông toàn khối (như trong các giếng xả tràn, bể điều áp, giếng nhận nước cho các nhà máy thủy điện) trong tổ hợp thiết bị gồm có: phễu nhận vật liệu có vòi voi, ống dẫn bê tông có các khớp mềm để đưa được vào sau ván khuôn. Ván khuôn được chế tạo thành từng đốt, treo trên cáp hoặc ván khuôn trượt không dùng kết cấu treo. Ở những giếng sâu để tránh hiện tượng phân tầng bê tông trong quá trình vận chuyển người ta dùng thùng treo.

Việc đầm chặt bê tông được tiến hành bằng đầm tay. Nếu dùng bê tông rót (tự đầm) thì không phải tiến hành công tác này.

### 3. Đào giếng theo hướng từ dưới lên

Việc đào giếng theo hướng từ dưới lên thường được áp dụng rộng rãi khi xây dựng các tổ hợp ngầm, đặc biệt là khi xây dựng các tổ hợp ngầm của các công trình thủy lợi đầu mối như các nhà máy thủy điện, thủy tích điện khi có các hang ngang ở phía dưới giếng.

Khi đường kính giếng lớn hơn thường áp dụng các phương pháp liên hợp: bắt đầu đào giếng tiết diện nhỏ 4-6m<sup>2</sup> từ dưới lên sau đó mở rộng đến tiết diện thiết kế từ trên xuống. Khi thi công đợt hai, giếng định hướng được dùng vào mục đích thải đá. Trong cả hai giai đoạn việc xúc và vận chuyển ra bãi thải đều tiến hành ở phía dưới qua các hang ngang. Ưu điểm của phương pháp đào từ dưới lên là loại trừ được khối chu kỳ đào một công đoạn hết sức khó khăn là thải đá. Ở đây sau khi nổ mìn đất đá được tập trung xuống hang ngang ở phía dưới.

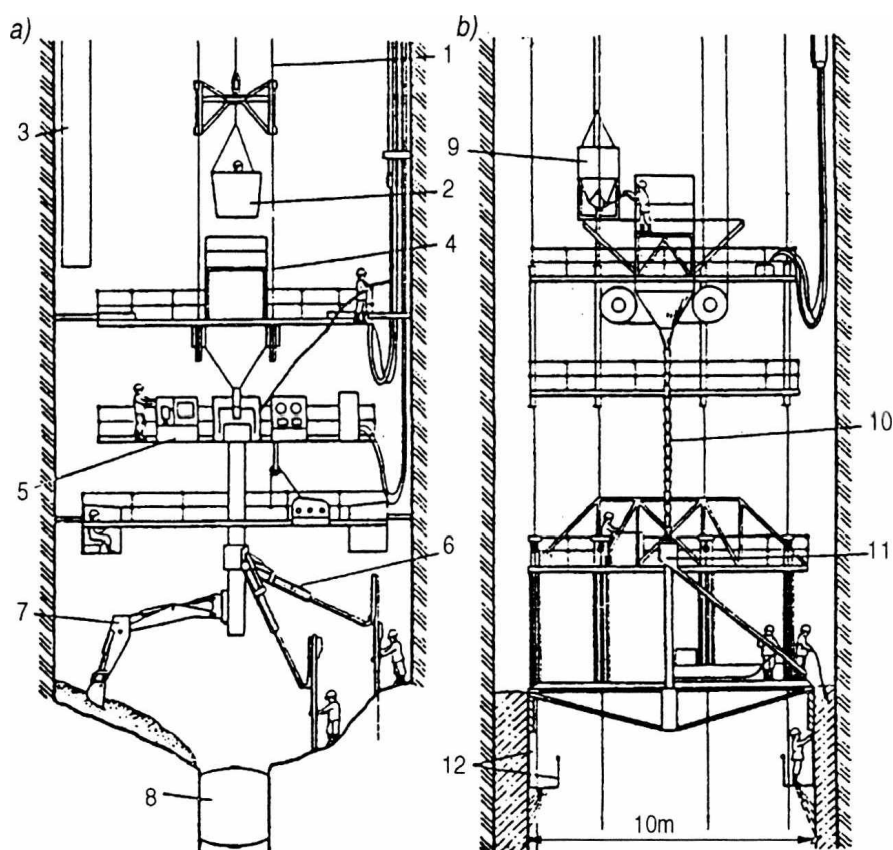


Hình 10.9: Tổ hợp đào giếng tự hành kiểu KITB (do Liên Xô cũ chế tạo)

Đây là phương pháp rất có hiệu quả để thi công các bể điều áp dạng giếng đứng trong các nhà máy thủy điện.

Việc đào các hang định hướng từ dưới lên có thể tiến hành nhờ các tổ hợp thiết bị tự hành như kiểu КГІВ (Liên Xô cũ), Alimak (Thụy Điển) v.v...

Các tổ hợp đào tự hành (hình 10.9) là một sàn công tác 1 gắn trên một khung của tổ hợp 2 trên đó có bố trí động cơ điện hoặc khí nén 3. Việc di chuyển tổ hợp lên xuống theo đường một ray đơn 4 tổ hợp từng khâu, mỗi khâu dài 1,5m. Theo mức độ dịch chuyển của gương đường ray được kéo dài theo. Đường ray được gắn lên vách hang bằng neo dài 1-1,5m. Tổ hợp được trang bị điện thoại để liên lạc, cấp khí nén cho tổ hợp bằng ống cao su mềm 5 cuốn vào, tỏa ra bằng vòi 6. Tiết diện hang đào bằng tổ hợp tự hành thường trong phạm vi 4-9m<sup>2</sup>. Tốc độ đào hang đứng và xiên có thể đạt 300m/tháng.



**Hình 10.10:** Sơ đồ công nghệ xây dựng giếng của nhà máy thủy tích điện

a) Đào mở rộng giếng; b) Đổ bê tông vữa;

1. cáp giữ sàn công tác; 2. thùng cấp vật liệu; 3. ống thông gió; 4. phễu cấp bê tông;
5. tổ hợp thiết bị phun bê tông; 6. máy khoan; 7. máy đào gầu ngược; 8. giếng định hướng;
9. thùng cấp bê tông; 10. vòi vữa; 11. máng; 12. ván khuôn.

Trên hình 10.10 chỉ ra công nghệ đào mở rộng một giếng điều áp bằng phương pháp khoan nổ mìn và gia cố hang bằng bê tông phun và neo dài 3,7m. Việc khoan lỗ được thực hiện bằng bốn búa khoan gắn trên tay búa. Việc thải đá qua giếng dẫn hướng bằng

máy xúc dạng gầu ngược lắp trên một trục quay. Công tác gia cố, đào, điều khiển các tiết bị bằng sàn công tác có ba tầng, trên đó có bố trí tất cả các thiết bị cần thiết. Tốc độ đào giếng có thể đạt 23m/tuần. Việc đổ bê tông vỏ giếng được bắt đầu từ dưới sau khi đã kết thúc quá trình đào mở rộng. Hỗn hợp bê tông được cấp vào bằng các thùng (9) đổ vào phễu nhận sau đó qua vòi voi (10) vào một máng xoay (11) để đổ vào sau ván khuôn (12). Việc đầm bê tông bằng đầm dùi và tiến hành bằng tay (thủ công). Đối với vỏ giếng thường dùng bê tông có độ bền cao hơn một chút, cốt liệu đến 40mm.

## **§2. ĐÀO CÁC HANG NGHIÊNG**

### **1. Đào các hầm nghiêng**

Việc chọn phương pháp đào các hang nghiêng cũng như chọn thiết bị đào phụ thuộc vào góc nghiêng của hang so với mặt phẳng nằm ngang.

Tùy thuộc vào góc nghiêng với mặt phẳng nằm ngang, các hang được chia ra làm hang nghiêng nhỏ khi góc nghiêng  $\leq 15^\circ$ , nghiêng trung bình khi góc nghiêng  $15-30^\circ$  và hang nghiêng lớn  $> 30^\circ$ . Công tác đào các hang nghiêng có thể từ trên xuống hoặc từ dưới lên. Với mục đích rút ngắn thời hạn thi công khi chiều dài hang lớn, người ta có thể đào hang dẫn để mở gương phụ.

Khi đào các hang nghiêng nhỏ bằng phương pháp mở có thể sử dụng các loại máy xúc, máy khoan như khi đào hang ngang.

Việc vận chuyển thải đá không phụ thuộc vào phương pháp đào từ trên xuống hay từ dưới lên, có thể dùng goòng kéo bằng cáp, tời, băng tải các dạng khác nhau: khi tiết diện hang lớn có thể bằng goòng tự hành, ô tô tự đổ v.v...

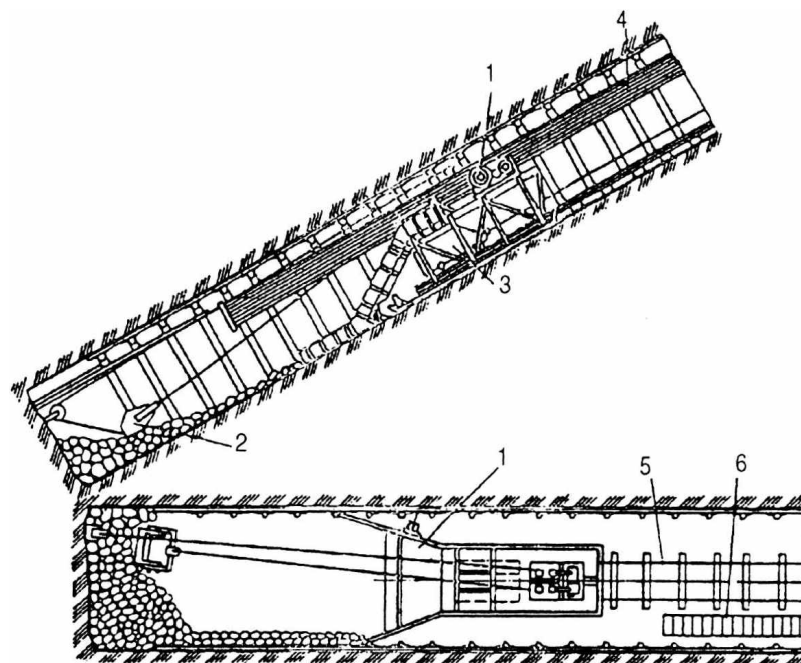
Trong những hang nghiêng trung bình tiết diện  $\leq 30m^2$  người ta dùng các thiết bị cào đá và nâng kéo. Thiết bị cào đá tổ hợp với băng tải có thể dùng cho hang có góc nghiêng  $16-18^\circ$ . Khi góc nghiêng lớn có thể dùng sơ đồ vận chuyển bằng toa goòng hoặc ben với sức kéo là tời, cáp (hình 10.11).

Việc khoan lỗ thường dùng các loại khoan tay có giá đỡ bằng khí nén, hoặc các thiết bị khoan chạy trên ray. Khi góc nghiêng lớn thì phải có khung khoan chuyên dụng.

Trong thực tế người ta đã áp dụng các thiết bị như đã nêu ở trên để xây dựng các hang nghiêng có góc nghiêng  $28^\circ$ .

Trong thực tế xây dựng các đường hầm dẫn nước vào các nhà máy thủy điện thường gặp phải có các hang có độ nghiêng lớn ( $30 - 50^\circ$ ) đường kính đến 6m và lớn hơn. Đây là công việc khá phức tạp.

Phương pháp đào hang dẫn từ dưới lên thường sử dụng trong các đá cứng ổn định với góc nghiêng  $40^\circ$  và lớn hơn. Trong trường hợp này có thể tăng được tốc độ đào hang do công tác thải đá được tiến hành riêng rẽ trong hang ngang ở phía dưới. Tuy nhiên trong những đá dễ sụt lở, theo các điều kiện trong quy tắc an toàn thường thì công theo hướng từ trên xuống.



**Hình 10.11:** Sơ đồ thi công đào hang nghiêng bằng thiết bị cào đá

1. thiết bị cào đá; 2. gầu xúc máy cào; 3. ben để vận chuyển; 4. ống thông gió;  
5. đường vận chuyển của ben; 6. đường đi bộ

Trong những hang có độ nghiêng lớn tiết diện lớn hơn  $20\text{m}^2$  thì hiệu quả hơn là đào hang định hướng ( $S \leq 10\text{m}^2$ ) sau đó mở rộng hang đến tiết diện thiết kế.

Khi đào các hang tiết diện  $\leq 6 - 8\text{m}^2$  theo hướng từ dưới lên thì hợp lý hơn cả là sử dụng các tổ hợp đào dạng sàn công tác tự hành. Góc nghiêng trong trường hợp này phải không nhỏ hơn  $40^\circ$  để đảm bảo tự thải đá xuống dưới do trọng lượng bản thân. Trong trường hợp ngược lại thì đá sẽ bị giữ lại ở đáy hang. Tốc độ đào khi dùng các tổ hợp này đạt  $100\text{m}/\text{tháng}$ .

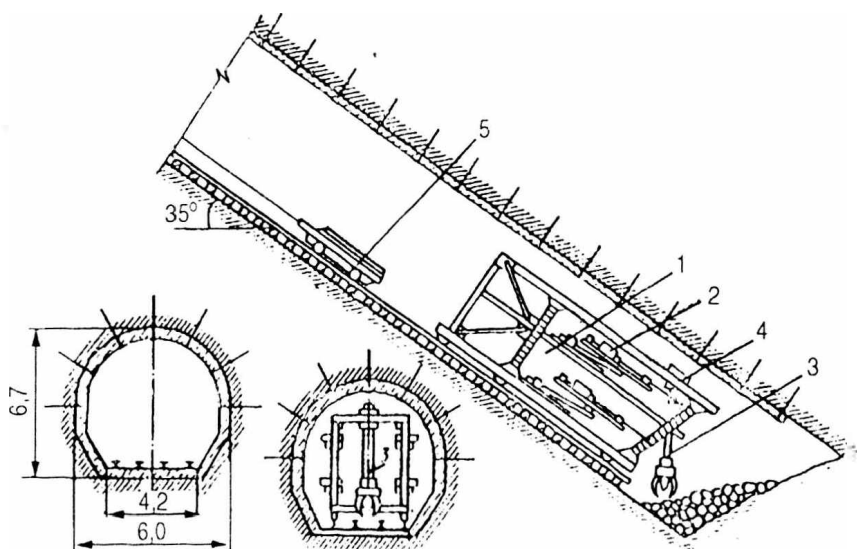
Việc đào hang từ trên xuống được ứng dụng chủ yếu trong những đất đá dễ sụt lở, trong những hang đứng ngắn. Với phương pháp này việc khoan và lắp đặt vỉ chống tạm sẽ được giảm nhẹ, bớt phức tạp nhưng việc thải đá sẽ khó khăn hơn.

Dưới đây là một ví dụ về thi công hang nghiêng khi xây dựng thủy điện Inguri thuộc cộng hòa Grudia (Liên Xô cũ). Ở đây đã sử dụng một tổ hợp thiết bị để tiến hành cả việc khoan và thải đá. Tổ hợp đào là một kết cấu không gian, hai bên vách của nó có lắp hai máy khoan BY-1. Trên mặt trước khung có lắp máy đào gầu ngoạm KC-3 dịch chuyển trên ray đơn ở bên trái và bên phải của trục hang để bốc đá (hình 10.12).

Phạm vi hoạt động của gầu ngoạm là trên toàn gương. Việc thải đá bằng cách dùng ben có dung tích  $2,2\text{m}^3$ . Để di chuyển, tổ hợp và ben được đặt trên đường ray: đối với tổ hợp đào có khổ là  $3700\text{mm}$ , đối với ben thải đá là  $1100\text{mm}$ .

Gương có diện tích  $37\text{m}^2$  được khoan bằng 4 búa với chiều sâu lỗ  $4,0\text{m}$ , số lượng lỗ là 64. Sơ đồ bố trí lỗ được chọn trên cơ sở có xét đến sự phân lớp của địa tầng và khả

năng khoan của tổ hợp. Thuốc nổ dùng Ammônít 6 ЖВ có lượng tiêu hao thuốc nổ đơn vị là  $1,17\text{kg/m}^3$ . Khối lượng đá nổ ra là  $145\text{m}^3$ . Thời gian tiêu phí nhiều nhất trong một chu trình đào là cho quá trình bốc đá. Để vận hành tổ hợp cần 5 thợ đào hầm, trong đó 4 thợ khoan và một vận hành máy xúc thải đá. Để dịch chuyển ben thải đá dùng một tời đặt trong hang ngang phía trên ở trong một buồng riêng. Đá kéo lên một cầu cạn, đổ vào phễu rồi rót vào ô tô tự đổ để chuyển ra ngoài. Tiến độ đào chung trên toàn tiết diện của hang nghiêng này là  $20\text{m/tháng}$ .



**Hình 10.12:** Tổ hợp đào hầm dẫn nước vào tuabin

1. tổ hợp đào; 2. thiết bị khoan; 3. gầu xúc;  
4. khớp treo và ray đơn để dịch chuyển gầu xúc; 5. ben

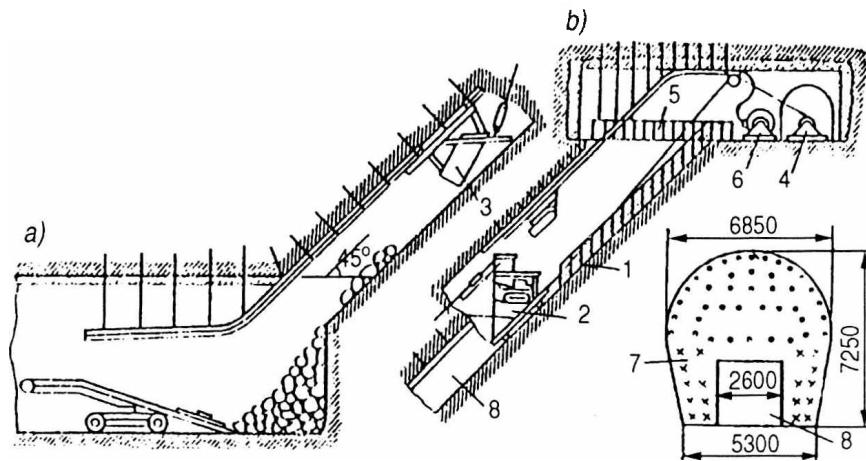
Khi tiến hành khoan nổ mìn cố gắng tạo nên vách hang bằng phẳng và bảo vệ khối đá bao quanh khỏi bị phá hoại. Để đảm bảo yêu cầu này tốt nhất là áp dụng công nghệ nổ mìn tạo biên.

Phương pháp đào có sử dụng hang dẫn định hướng, sau đó mở rộng đến tiết diện thiết kế là phương pháp năng suất và hiệu quả hơn cả. Việc đào các hang định hướng (với độ nghiêng  $> 40^\circ$ ) tốt nhất là dùng các tổ hợp tự hành kiểu КПБ hoặc Alimak như đã nêu trên.

Sơ đồ này thực tế đã áp dụng có hiệu quả khi đào các đoạn nghiêng của các hầm dẫn nước vào của thủy điện Hoà Bình (với việc sử dụng tổ hợp КПБ do Liên Xô cũ sản xuất), thủy điện Nurek ở cộng hoà Tagikistan với góc nghiêng  $45^\circ$ . Sơ đồ thi công như trên hình 10.13a.

Hang dẫn định hướng tiết diện  $6,5\text{m}^2$  đào ở phần đáy của hầm dẫn nước vào với việc sử dụng tổ hợp đào КПБ-1М (ở Nurek) КПБ-4 (ở Hoà Bình). Hai thợ khoan tiến hành khoan gương. Sau khi nổ mìn đá tự rơi xuống hang phía dưới. Bốc đá bằng máy xúc ПНБ-3К chuyển ra ngoài bằng ô tô tự đổ.

Sau khi đào xong hang dẫn định hướng trên toàn chiều dài hầm nghiêng tiến hành mở rộng hầm dẫn nước vào tuabin có đường kính 9m (Hoà Bình), 6,85m (Nurek) theo hướng từ trên xuống đến tiết diện thiết kế. Sơ đồ bố trí thiết bị như trên hình 10.13b.



**Hình 10.13:** Xây dựng hầm dẫn nước vào tuabin nhà máy thủy điện Nurek

a) Đào hầm dẫn hướng; b) Đào mở rộng ra toàn tiết diện;

1. đường ray; 2. khung khoan; 3. tổ hợp KPIB-1M; 4. tời giữ khung khoan; 5. hàng rào;  
6. cuộn cáp; 7. gương đào có bố trí lỗ mìn; 8. hầm dẫn hướng

Ngoài các phương pháp như đã nêu trên, trong thực tế xây dựng hầm trên thế giới không ít trường hợp người ta đã sử dụng các máy liên hợp hoặc tổ hợp đào hầm để đào các hang nghiêng. Về nguyên tắc như đã nêu trong chương 9.

## 2. Xây dựng các hầm nghiêng dẫn nước vào nhà máy thủy điện

Việc xây dựng các hầm nghiêng, đặc biệt là các hầm nghiêng dẫn nước vào nhà máy thủy điện, ngoài công tác đào hang như đã nêu trong các mục trước còn phải tiến hành gia công và lắp đặt các vỏ thép và đổ bê tông vào phần sau của vỏ thép này. Trong thi công hầm thủy lợi nghiêng từ trước đến nay công tác gia công và lắp đặt vỏ thép thường do các đơn vị lắp máy tiến hành.

Các vỏ thép khi có đường kính  $\leq 3,5\text{m}$  thường được chế tạo thành từng vòng hoàn chỉnh trong nhà máy rồi chở đến lắp ráp tại hiện trường. Khi thi công các áo thép phi tiêu chuẩn (đường kính lớn hơn  $3,5\text{m}$ ) thì thường chế sẵn ở trong xưởng thành từng mảnh, các vòng cứng có thép neo vào bê tông và các chi tiết đỡ khác rồi tiến hành tổ hợp ở hiện trường. Trong trường hợp này ở hiện trường phải có bãi lắp ráp, tổ hợp với các trang thiết bị phục vụ cho công tác này. Sau khi tổ hợp ở bãi có thể đưa vào vị trí lắp đặt cuối cùng. Trong trường hợp có nhiều lối vào hầm thì công tác tổ hợp kết cấu thép có thể tiến hành làm nhiều nơi ở gần cửa.

Các mảnh của áo thép được tổ hợp ở trong hang sau khi đã kết thúc toàn bộ công tác đào, làm sạch hang, đổ bê tông đường ray. Việc lắp ghép áo thép thường bắt đầu từ vòng có tư thế nằm ngang dưới cùng để sau đó chúng tiếp nhận tải trọng dọc trục do trọng lượng của những khâu nằm trên nó trong quá trình lắp ghép chúng. Quá trình tổ hợp ống thép tiến hành từ dưới lên trên. Để tổ hợp, bắt đầu từ khâu đưa các vòng đã chế sẵn và được lắp ghép thành vòng trên bãi ở gần cửa, dùng cần cẩu chân dê, hoặc cầu ô tô có sức



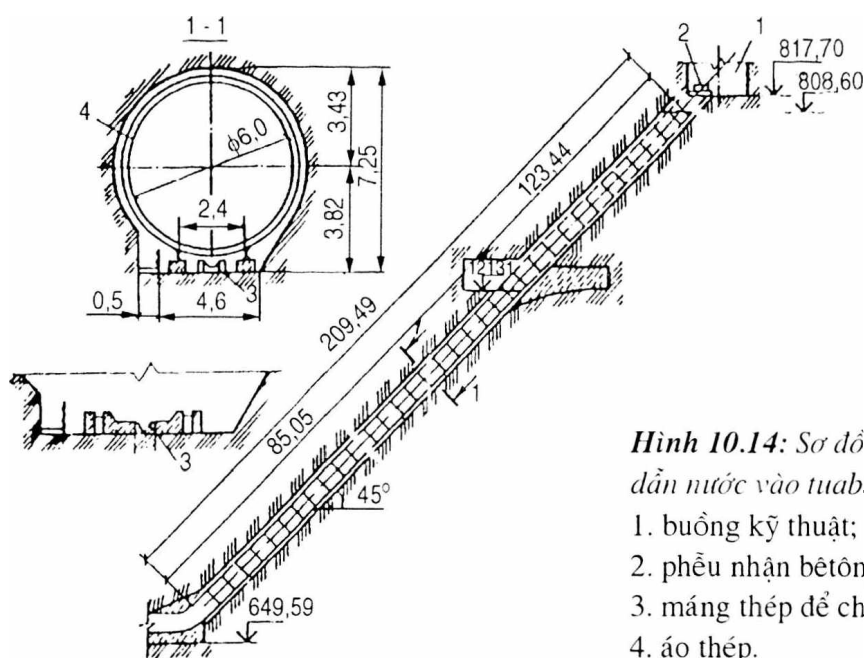
nâng đến 50t để đưa vòng lên xe chở chuyên dụng và theo đường ray chuyển vào vị trí trong hang nghiêng.

Việc đưa các vòng lớn vào phải sử dụng các tời điện có phanh hãm. Tời thường được bố trí trong buồng của cửa van (đối với hầm thủy điện). Khi đến vị trí người ta dùng kích để nâng vòng vỏ ra khỏi xe chở và đưa chúng vào vị trí thiết kế. Mỗi nối các vòng dùng phương pháp hàn một phía từ trong ra.

Trước khi bắt đầu hàn một vòng cần phải kiểm tra kỹ vòng sắp hàn nối về trị số khe hở trước khi hàn, không có sự hư hỏng, rách trên đường nối... Trị số sai số cho phép phải tuân theo các trị số trong quy trình. Sau khi kết thúc công tác lắp áo thép thì tiến hành đổ bê tông lấp đầy không gian sau áo thép. Phổ biến hơn cả là dùng bê tông rót để lấp đầy (bê tông tự đầm chặt do trọng lượng bản thân).

Việc sử dụng bê tông rót đã được áp dụng ở rất nhiều công trình của nước ngoài. Riêng ở Liên Xô (cũ) bê tông rót đã dùng khi xây dựng đợt hai nhà máy thủy điện Kham. Khi xây dựng nhà máy thủy điện Inguri, Nurek, Baipadin v.v...

Trên hình 10.14 là sơ đồ đổ bê tông hầm nghiêng dẫn nước vào tuabin của nhà máy thủy điện Nurek (Liên Xô cũ). Phần hầm nghiêng có đường kính trong 6m dài trung bình 235m đã thiết kế và đào với góc nghiêng 45°. Trị số đổ bê tông sau ống thép là dày 0,4m. Trên công trường đã sử dụng sơ đồ như sau: đầu tiên lắp ráp áo thép trên suốt chiều dài hầm. Phần thép đáy hầm để chuyển bê tông rót được hàn vào các sườn cứng của vỏ và được lắp ráp cùng với áo thép. Bê tông rót được cấp vào hầm bằng ô tô tự đổ rồi đổ vào một phễu (ben) nhận, sau đó tự chảy theo đáy hầm vào không gian sau áo thép. Bê tông tự đầm chặt do trọng lượng bản thân. Cường độ đổ bê tông trung bình là 15-20m<sup>3</sup>/h. Việc thử mẫu bê tông rót khi chịu nén với các chỉ tiêu sau:  $P_{28} = 20,9$ ;  $P_{90} = 34,5$ ;  $P_{180} = 41,4$  MPa.



**Hình 10.14:** Sơ đồ đổ bê tông hầm nghiêng dẫn nước vào tuabin

1. buồng kỹ thuật;
2. phễu nhận bê tông;
3. máng thép để chuyển bê tông không đầm;
4. áo thép.

## Chương 11

# XÂY DỰNG GIAN MÁY VÀ CÁC BUỒNG CÓ TIẾT DIỆN LỚN

### §1. CÁC NGUYÊN TẮC ĐÀO CÁC BUỒNG TIẾT DIỆN LỚN

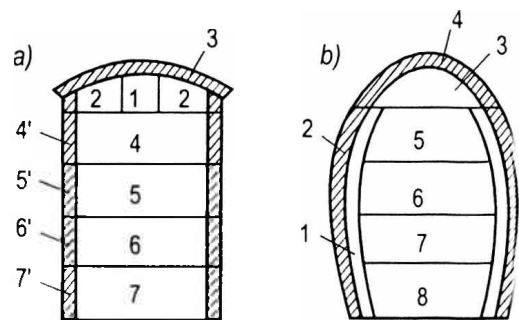
Các gian buồng ngầm thường gặp trong xây dựng các tổ hợp ngầm của các nhà máy thủy điện, thủy tích điện, các công trình công nghiệp, gara, kho chứa ngầm v.v... Chiều dài của chúng thường đạt 200m, đôi khi 300-500m. Bề rộng đến 30m, chiều cao 50m. Gian máy thủy điện Hoà Bình dài 264m, cao 57m rộng 22m; gian máy thủy điện trên sông Lagran ở Canada rộng 26,5m, cao 47,3m, dài 483,4m. Trong gian máy này bố trí 16 tổ máy công suất mỗi tổ là 339000kW.

Diện tích tiết diện ngang của các gian ngầm có thể đạt tới 1000m<sup>2</sup>, đôi khi còn vượt con số này.

Các công trình ngầm tiết diện lớn dạng buồng phần lớn xây dựng trong đá cứng, ít nứt nẻ để giảm nhẹ công tác đào và các chi phí vào việc gia cố tạm. Tuy nhiên, cũng không ít những công trình ngầm loại này bố trí dưới mực nước ngầm và trong đá nứt nẻ, phá hoại, độ cứng trung bình và mềm. Việc xây dựng những công trình loại này là những bài toán công trình hết sức phức tạp.

Trong thực tế thường có hai giải pháp cơ bản về trình tự đào các hang tiết diện lớn (hình 11.1): đào phần vòm, xây vỏ phần vòm, sau đó đào khối địa tầng cơ bản (phần lõi) gia cố hai vách (hình 11.1a); tạo mặt cắt theo chu vi hang cùng với việc gia cố vách hang và vòm sau đó đào phần cơ bản dưới sự bảo vệ của vỏ hầm (hình 11.1b).

Giải pháp đầu về mặt nguyên tắc là áp dụng cho những hầm xây dựng trong đá cứng còn giải pháp thứ hai là cho những hầm trong đá trung bình và đá mềm có nhịp hang khá lớn. Khi đào các buồng tiết diện lớn, không phụ thuộc vào thứ tự đào, cần phải tuân theo



**Hình 11.1:** Sơ đồ nguyên tắc trình tự đào và gia cố các hang lớn

- a) Đầu tiên đào và gia cố phần vòm;  
b) Đầu tiên đào và gia cố theo chu vi tường và vòm (các con số để chỉ thứ tự thực hiện)

một nguyên tắc cơ bản là: trước khi bắt đầu đào một bộ phận nào của tiết diện hang thì phần nằm trên nó phải được gia cố chắc chắn để đảm bảo sự ổn định của công trình và an toàn cho người làm việc ở trong công trình.

Trong quá trình thi công công trình ngầm dạng buồng cần phải tiến hành sao cho sự phá hoại khối đá bao quanh là tối thiểu. Vì thế việc áp dụng công nghệ nổ mìn tạo biên là yêu cầu bắt buộc. Thường thì trong phần vòm áp dụng phương pháp nạp mìn gần còn các bậc dưới thì dùng phương pháp tạo khe trước.

Việc đào các công trình ngầm thuận lợi hơn cả là tiến hành từ hai đầu của buồng bằng hai gương dọc theo trục hang theo hướng gặp nhau. Tuy nhiên, không phải bao giờ cũng tổ chức thi công được theo sơ đồ này bởi vì các hang phụ thường hay cắt buồng ở những vị trí khác nhau.

Các hang phụ cắt ngang công trình ngầm tùy theo công dụng của chúng được chia làm hang cố định (có sử dụng để khai thác công trình sau này) hoặc hang tạm (chỉ sử dụng trong quá trình thi công). Khi chọn loại và số lượng các hang phụ đầu tiên phải kiểm tra xem có thể hạn chế chỉ sử dụng các hang cố định như công trình phục vụ thi công được không. Những hang vĩnh cửu thường dùng là các hang của hầm dẫn nước vào hoặc dẫn nước ra, hầm kỹ thuật, hầm để lắp ráp, thang máy hoặc thông gió.

Các hang dẫn vào thường có dạng hang ngang hoặc có độ nghiêng nhỏ. Cũng thường gặp dạng hầm tổ hợp với giếng. Các hầm ngang là rẻ nhất và thuận tiện để chuyển các thiết bị có kích thước lớn vào. Trong điều kiện miền núi thì các hầm này thường cắt các buồng ngầm từ bên cạnh để rút ngắn chiều dài hầm phụ. Khi thi công bằng máy xúc và ô tô tự đổ, với chiều dài hầm phụ lớn hơn 300m thì chúng được thiết kế với tiết diện ngang đủ cho hai làn xe, có ngách tránh và quay ở giữa. Đáy hầm phụ tốt nhất là đổ bê tông. Tuyến hầm phụ nên thiết kế có độ nghiêng nhỏ ( $\text{độ dốc} \leq 1:10$ ) để rút ngắn chiều dài hầm.

Các hầm phụ có dạng giếng đứng, giếng xiên chỉ dùng khi có luận cứ đầy đủ về tính hợp lý của chúng. Về phương diện thi công, công tác đào giếng có độ phức tạp và tốn phí gấp 4 - 5 lần so với đào hầm. Thực tế chứng tỏ là nếu hầm có độ dốc 1:4 với chiều dài 100m thì thi công thuận lợi hơn giếng có chiều sâu 20-25m. Ngoài ra việc sử dụng giếng sẽ hạn chế quá trình cơ giới hoá các công tác trong thi công.

Số lượng, chủng loại, kích thước và vị trí các hầm phụ trong từng trường hợp cụ thể được chọn trên cơ sở các phương án phù hợp với sơ đồ chung của tổ hợp ngầm, của điều kiện địa hình và địa chất công trình.

Như trên hình 11.1, các công trình ngầm dạng buồng trong mặt cắt ngang có thể chia làm hai phần cơ bản: phần dưới vòm (trong hình 11.1a là các mảnh từ 1-3) hoặc phần cắt trước (hình 11.1b là từ 1.4) và khối cơ bản hay còn gọi là phần lõi (hình 11.1a là 4.7, hình 11.1b là 5.8).

Khi đào phần dưới vòm thì tổ hợp thiết bị và sơ đồ công nghệ không khác gì việc thi công các hầm tiết diện lớn (đã trình bày trong các chương trước).

Việc cơ giới hoá đồng bộ công tác ngầm khi đào các bậc của khối đá cơ bản (lõi) trong buồng cũng giống như thi công bậc dưới của hầm tiết diện lớn. Việc nổ mìn các lỗ khoan đường kính lớn được tiến hành từ mái dốc của bậc chưa bốc đá của chu kỳ nổ liền trước nó (hoặc đã bốc đá hoàn toàn). Giải pháp nổ như vậy chủ yếu là để giảm tác động của nổ mìn lên công trình. Đối với mỗi bậc (cao đến 10m) cần phải có lối thoát riêng, độc lập hoặc hầm nhánh của lối chung dẫn vào. Việc hạ bậc năng suất trung bình thường từ 500 đến 800 m<sup>3</sup>/tháng. Thời hạn xây dựng công trình ngầm dạng buồng (bao gồm cả hang phụ) do thiết kế quy định. Sơ bộ có thể tham khảo các số liệu sau:

Khối lượng đất trong hang (nghìn m <sup>3</sup> )	≤ 30	30 - 60	60 - 90	90 - 150
Thời hạn xây dựng (năm)	1,5	2,0	2,5	3-4

Trong thời hạn trên chưa kể đến việc lắp ráp các thiết bị khai thác, thời hạn này thường khoảng gần 1 năm, đôi khi có thể bố trí song song với công tác thi công.

## §2. XÂY DỰNG CÁC CÔNG TRÌNH NGẦM DẠNG BUỒNG TRONG ĐÁ CỨNG

### 1. Đào phần vòm

Như trên hình 11.1a, phần trên của buồng được đào làm hai giai đoạn (1, 2). Việc đào có thể thực hiện toàn tiết diện, trong một giai đoạn. Theo các quy phạm hiện hành (của Liên Xô cũ CHuП 3.07-85) việc đào phần vòm của công trình ngầm nhịp ≤ 20m trong đá cứng ổn định (hệ số độ cứng  $f_k > 8$ , môđun biến dạng  $E = 10 \cdot 10^3 \text{ MPa}$ , tốc độ lan truyền sóng dọc siêu âm  $V \geq 4200 \text{ m/s}$ ) thì có thể tiến hành trên toàn tiết diện rồi sau đó đổ bê tông vỏ hầm cho phần vòm.

Kích thước của phần vòm hang quyết định sao cho không ách tắc trong thi công: cả đối với máy xúc và phương tiện vận chuyển thải đá, cả phương tiện giao thông và ống gió dưới ván khuôn. Thường thì bậc dưới thi công nhanh hơn phần vòm. Chiều cao tối thiểu của phần vòm quyết định tùy thuộc vào kích cỡ của các thiết bị (trong thực tế thường lấy 6-9m).

Ở những đoạn ngắn, chỗ địa tầng bị phá hoại, giảm yếu để không thay đổi sơ đồ công nghệ đào toàn tiết diện, có thể tiến hành đào một hang dẫn giữa vượt trước một hoặc hai chu kỳ đào (bước đào). Với phương pháp này không thể đổ bê tông ngay được trên toàn gương. Để đẩy nhanh công việc có thể áp dụng biện pháp phun bê tông hai lượt, tổ hợp với neo và bê tông. Trình tự thi công khác với thực tế thông thường đôi chút, cụ thể là: ngay lập tức sau khi nổ mìn gương đào và dọn sửa đá phần nóc, trước khi xúc đá tiến hành phun phủ bề mặt hang một lớp bê tông dày 5cm. Sau khi bốc đá qua lớp bê tông phủ này tiến hành khoan lỗ, đặt neo, khi cần thiết thì treo lưới thép. Quá trình này tiến hành đồng thời với khoan lỗ ở trên gương. Tiếp theo ở khoảng cách chậm sau chừng 10m kể từ gương, tức là sau hai đến ba ngày kể từ lúc phun lớp đầu, tiến hành phun lớp thứ hai. Chiều dày chung của hai lần phun phải đạt giá trị tính toán (10-15cm).

Việc thay đổi trình tự công việc khi xây dựng vì chống trong trường hợp trên cho phép làm giảm nhẹ kết cấu của chúng. Các biến dạng của khối địa tầng xảy ra lập tức sau khi đào hang và sau đó vài ba ngày do hệ vì chống mềm neo + đá tiếp nhận. Sau khi dỡ tải khối đá, khi mà tải trọng ổn định và giảm thì vì chống tăng cường sẽ làm việc như kết cấu cứng.

Trên những đoạn đất đá bị phá hoại mạnh, để tránh phải đào theo giai đoạn thì từng phần tiết diện hang có thể đào tiết diện với việc sử dụng phương pháp đặt neo trước (xem chương 2 mục §2).

Trong trường hợp này nếu như nhịp phần vòm vượt quá 20m thì sự cần thiết và khả năng có thể đào toàn tiết diện phần này phải được xác nhận trong thiết kế thi công.

Theo quy phạm của Liên Xô cũ (CHuП 3.07.01-85) thì việc đào và đổ bê tông phần vòm của hang có nhịp lớn hơn 20m trong các địa tầng ổn định, và không phụ thuộc vào nhịp ở trong địa tầng ổn định trung bình (hệ số độ cứng  $f_k = 4 \div 8$ , mô đun biến dạng  $E = (5 \div 10) \cdot 10^3$  MPa, tốc độ lan truyền sóng dọc siêu âm  $V = 3500 \div 4200$  m/s) đề nghị thi công theo sơ đồ có phần giữa vượt trước. Khi sử dụng sơ đồ này phần giữa có thể vượt trước trên toàn chiều dài hầm hoặc chỉ vượt trong một khoảng nào đó.

Trong các buồng chiều dài lớn hơn 100m khi có phần giữa tiết diện đào trước trên suốt chiều dài thì có thể tổ chức đào mở rộng phần vòm trên từng đoạn 50 - 80m.

Trong quá trình đào phần vòm tiến hành dựng vì chống tạm (thường là neo và bê tông phun) bắt đầu từ phần giữa, sau đó là hai bên theo tiến trình của công tác đào.

Song song với việc đào phần vòm, tiến hành khoan nổ tạo biên cho phần dưới bằng các lỗ mìn thẳng đứng theo phương pháp tạo khe trước. Việc đào bậc dưới và xây tường tiến hành sau khi đã kết thúc việc xây dựng vỏ của phần vòm.

Công tác bê tông tiến hành cách gương một khoảng xác định (không nhỏ hơn 50m). Khi buồng ngăn việc đổ bê tông được thực hiện sau khi kết thúc toàn bộ công tác đào phần vòm trên suốt chiều dài hầm.

Việc đổ bê tông khi xây dựng các công trình ngầm dạng buồng về nguyên tắc không khác gì công tác bê tông hầm. Khi nhịp hang rất lớn, thì các ván khuôn di động thường cồng kềnh, đắt và khó khăn khi lắp ráp. Do đó chỉ dùng chúng khi hang có chiều dài lớn hơn 200m. Trong những hang ngắn hơn thì dùng ván khuôn lắp ghép theo từng đoạn một.

Tốc độ đổ bê tông trong phần vòm khi dùng ván khuôn lắp ghép theo từng đốt 2-3m thường không cao. Phần lớn thời gian dành cho việc lắp dựng, kiểm tra, định vị, tháo và di chuyển ván khuôn. Việc chuyển sang vị trí mới chỉ tiến hành khi bê tông đạt độ bền yêu cầu, có nghĩa là sau một số ngày nhất định được quy định trong thiết kế.

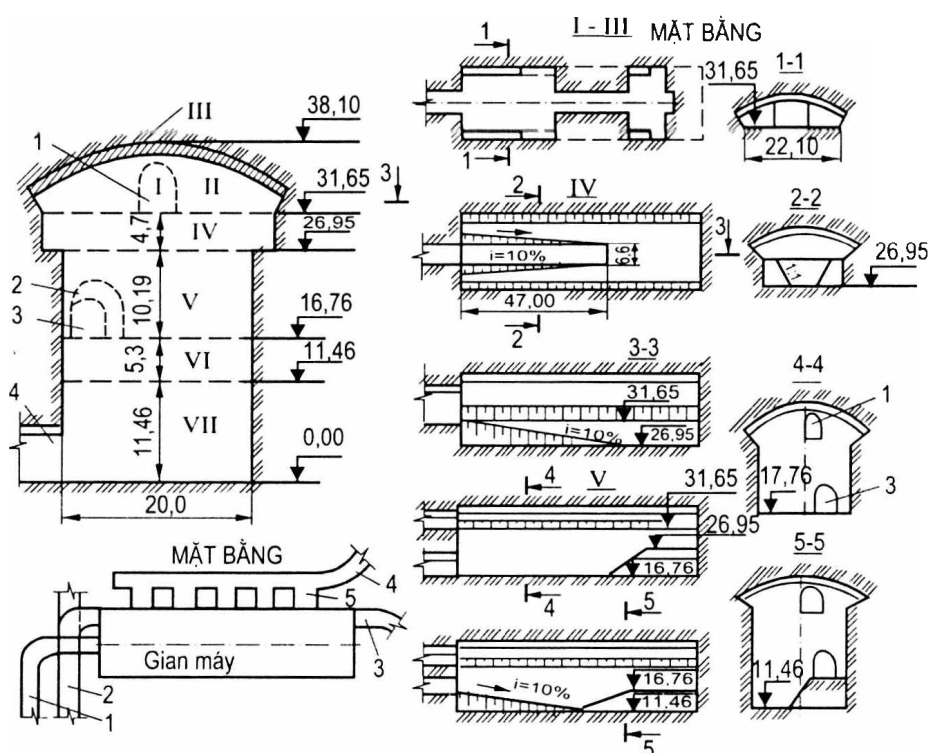
Do đó người ta thường dùng các khung cốt thép chế sẵn ở trong xưởng rồi lắp ghép và định vị bằng neo vào đúng vị trí ở trong hang. Ván khuôn có thể dùng dạng lưới thép dày định vị lên khung cốt thép (nếu khung cốt thép đủ cứng). Phần ván khuôn lưới cũng

có thể được chế tạo ở trong xưởng cùng với khung cốt thép. Bằng giải pháp này cho phép giảm nhẹ công tác ván khuôn.

Việc áp dụng ván khuôn lưới thép thay cho ván khuôn thép là hợp lý trong những trường hợp khi không có yêu cầu nghiêm ngặt về chất lượng bề mặt của công trình. Mặt trong vòm có thể phun phủ một lớp rồi làm nhẵn. So với ván khuôn lắp ghép dạng cứng thì việc dùng ván khuôn lưới thép cho phép tiết kiệm thép, giảm những khó khăn và nâng cao tốc độ đổ bê tông khoảng 25 - 30%.

## 2. Đào khối cơ bản (phần lõi)

Theo quy phạm CHuΠ 3.07.01-85 của Liên Xô cũ thì việc đào phần lõi của hang dạng buồng, trong đó có xây kết cấu vĩnh cửu (vỏ hầm) nên tiến hành theo chiều từ trên xuống dưới. Trong các địa tầng ổn định thì đào từng bậc có chiều cao  $\leq 10\text{m}$ . Trong đá có độ ổn định trung bình thì bậc cao  $\leq 5\text{m}$ . Trên hình 11.2 là sơ đồ đào một buồng trong đá cứng. Sau khi xong phần vòm (II, III) thì tiến hành đào lần lượt phần lõi theo các bậc 5 - 11m. Để vận chuyển đá từ bậc IV ra ngoài theo hầm 1 phải làm một đường dốc 10% IV. Cũng tương tự như thế khi chuyển đá từ bậc VI ra theo hầm 3. Đá từ bậc VII được chuyển ra ngoài theo hang phụ (4). Việc gia cố tường bằng neo sâu đến 14m được tiến hành đồng thời với việc đào mỗi bậc.



**Hình 11.2:** Sơ đồ đào hang lớn trong đá cứng theo bậc thang  
1, 2, 3..., 5. đào hang dẫn; các số la mã chỉ thứ tự đào phần lõi.

Trong những buồng ngắn (chiều dài 20-30m) khi có các hang phụ nằm ngang vuông góc với trục của buồng thì việc đào lõi tiến hành như sau: hang phụ được đào cắt ngang

buồng sang đến tường bên kia. Sau đó đào một hang thẳng đứng (giếng) từ hang phụ đến phần vòm đã đào xong. Tiếp đó phá sập phần đất nằm giữa đáy của phần vòm và nóc của hang phụ, tức là tạo thành một hang dạng khe cắt ngang. Tiếp theo là quá trình mở rộng bậc dần dần về hai phía của buồng, việc thải đá được tiến hành qua khe này. Các máy xúc nằm trong hang phụ để xúc đá.

Khi có các hang phụ nối với giếng thì việc hạ bậc có chiều cao lớn sẽ không hợp lý và phức tạp. Trong trường hợp này chiều cao bậc nên hạn chế đến 5m. Thay vì đào các hang phụ cho mỗi lớp có thể sử dụng hang xả đá dạng thẳng đứng hoặc nghiêng nối các mức giao thông trên và dưới. Đá được xử lý từng lớp bằng máy xúc kết hợp với ủi đổ vào hang xả đá. Ở phần dưới của những hang xả đá phải tạo một bãi trữ để chứa đá và tổ chức bốc xúc vào goòng rồi chuyển ra ngoài theo các hang ngang đến giếng rồi đưa lên bề mặt.

Tường của buồng thường được đổ bê tông sau khi đào mỗi lớp của lõi đá có chiều cao đến 10m với việc sử dụng ván khuôn lắp ghép bằng thép. Để đảm bảo sự ổn định của ván khuôn khi lắp ghép và đổ bê tông người ta neo vào vách hang. Đối với tường là bê tông cốt thép người ta thường dùng các khung cốt thép chế sẵn ở trong xưởng. Trong trường hợp có thể người ta còn dùng ván khuôn lưới thép tương tự như đã trình bày ở trên đối với phần vòm.

### **3. Xây dựng công trình ngầm dạng buồng trong địa tầng có độ cứng trung bình và mềm yếu**

Theo các quy phạm hiện hành của nước ngoài khi đào phần vòm của hang dạng buồng trong các loại đá kềm ổn định ( $f_k < 4$ , mô đun biến dạng  $E = (2 \div 5) \cdot 10^3 \text{MPa}$ , tốc độ lan truyền sóng dọc siêu âm  $V \leq 3500 \text{m/s}$ ), không phụ thuộc vào nhịp hang, phải thực hiện theo phương pháp vòm trước. Phương pháp này ứng dụng khi đào các hang dạng buồng nằm trong địa tầng diệp thạch, alevrolit, sét cứng, có khả năng tiếp nhận tải trọng của chân vòm có xét đến tất cả các loại tải trọng tác dụng lên vòm.

Trong đa số trường hợp áp dụng phương pháp vòm trước, việc đào phần vòm được tiến hành trong các địa tầng có hệ số độ cứng  $f_k = 3 \div 6$  hoặc trong đá cứng hơn ( $f_k = 4 \div 8$ ) nhưng nứt nẻ mạnh.

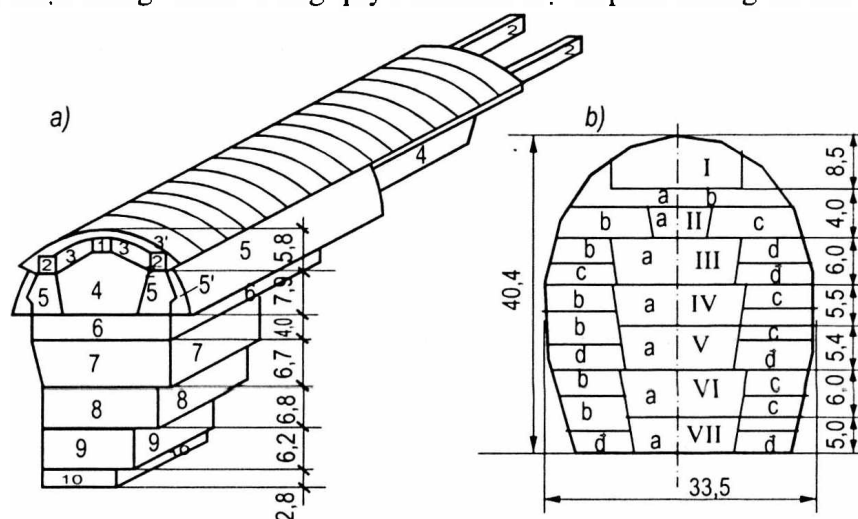
Các công tác đào tiến hành bằng phương pháp khoan nổ mìn cùng với việc xử lý cục bộ bằng búa chèn. Trong trường hợp cá biệt để đào đất đá hợp lý hơn là thay việc khoan nổ mìn bằng máy đào liên hợp (máy đào theo kiểu cần xoay). Ở Liên Xô cũ thường dùng các loại máy kiểu ПК-9p, 4ПП-2, 4ПП-5 v.v...

Nguyên tắc đào các hang dạng buồng theo phương pháp vòm trước được minh họa trên hình 11.3. Trên sơ đồ hình 11.3a đào đá trong phần vòm được tiến hành với bước đào 3-6m theo chiều dài hang một cách tuần tự hoặc cách hai đến ba đoạn rồi đổ bê tông vòm. Sau khi bê tông đạt 60% độ bền thì tiếp tục đào bước đào tiếp theo.

Bạc mà giá vòm kê lên chỉ được đào khi bê tông đã đạt 100% độ bền thiết kế, cho vòm hầm tiếp nhận toàn bộ tải trọng tính toán và 75% độ bền thiết kế cho vỏ hầm xây dựng trong đá cứng  $f_k = 4$  và lớn hơn. Theo quá trình đào phần vòm, đá được xả xuống mức nằm ngang phía dưới rồi chở ra ngoài.

Sau khi kết thúc việc đào phần vòm và đổ bê tông cốt thép vòm trên suốt chiều dài buồng sẽ tiến hành đào phần lõi (khối cơ bản). Theo quy phạm việc đào phần lõi trong đá kém ổn định được thực hiện từ trên xuống dưới thành từng bậc chiều cao  $\leq 3\text{m}$ .

Việc đào bậc cũng phải tuân theo nguyên tắc của phương pháp vòm trước, tức là phải chừa lại trụ đá dưới chân vòm (hình 11.3b). Bề rộng của trụ đá xác định trong thiết kế phụ thuộc vào áp lực của chân vòm đè lên đá. Việc đào bậc (trụ) đá và đổ bê tông tường phải tiến hành từng đợt sole nhau hoặc đồng thời cả hai bên khi đó khe nối của vòm và tường không được trùng nhau. Trong quy trình đào trụ đá phải chống đỡ vách của buồng.



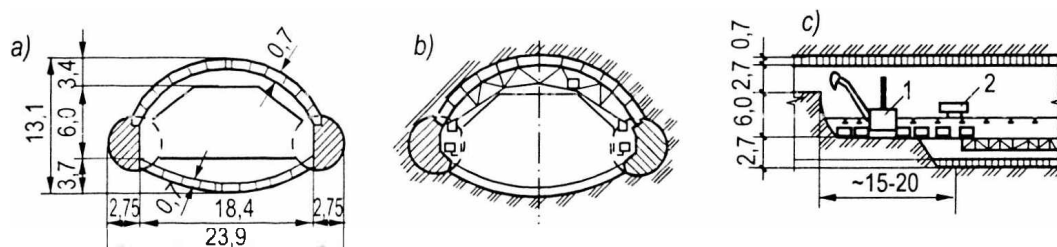
**Hình 11.3:** Sơ đồ đào hang lớn bằng phương pháp vòm trước  
a, b) Sơ đồ đào cụ thể các loại hang; các số trên hình chỉ thứ tự đào

Các hang dạng buồng nằm trong đá kém ổn định, bão hoà nước được xây dựng bằng phương pháp vòm trước theo sơ đồ hai hang dẫn. Hang dẫn trên được bố trí bằng mức đỉnh vòm, hang dẫn dưới ở mức đáy của buồng. Giữa hang dẫn trên và hang dẫn dưới cứ 15-20m đào một lối thông thẳng đứng hoặc xiên để thải đá và cũng theo các lối này nước được đưa xuống hầm thoát nước phía dưới. Khi có hai hang dẫn trên và dưới sẽ giảm nhẹ công tác thi công ngầm một cách đáng kể.

Trong những trường hợp cá biệt công trình ngầm dạng buồng bố trí trong đất yếu như đất sét, á sét, á cát, cát, cuội sỏi.... không có khả năng tiếp nhận áp lực chân vòm. Trong những điều kiện khó khăn như vậy, việc thi công phải theo phương pháp nhân đỡ. Sơ đồ nguyên tắc của phương pháp này như mô tả trên hình 11.1b, cụ thể như sau: đầu tiên đào từng mảnh và xây tường bê tông cốt thép, sau đó là vòm tựa lên tường, cuối cùng khi đã có kết cấu vỏ bảo vệ thì đào phần nhân ở giữa. Khi mở tiết diện và xây vỏ các vòm chống và giá vòm được chống tựa lên nhân ở giữa do đó nó được gọi là phương pháp nhân đỡ.



Theo quy phạm các hang dẫn bên để xây tường có thể đào trên suốt chiều dài của công trình dạng buồng. Việc đào các rãnh phía trên chỉ cho phép tiến hành khi bê tông rải dưới đã kết thúc và đạt 25% cường độ thiết kế. Sau khi đổ bê tông thì phần trống giữa tường và vì chống của hang dẫn phía dưới được lấp đất và lèn chặt. Chiều dài đốt mở rộng phần vòm thường không vượt quá 4m. Tuy nhiên việc đào từng vùng mở rộng phần vòm được tiến hành cách nhau 2-3 đốt. Trong những đất không bị nước xói mòn thì hang dẫn dưới được đào trước theo trục công trình.



**Hình 11.4:** Sơ đồ đào ga metro dạng một vòm (ga quảng trường Dũng cảm ở Leningrat)

a) Sơ đồ hang; b) Đào phần vòm; c) Đào phần thân và vòm ngửa;

1. máy xúc gầu ngược; 2. cầu chạy

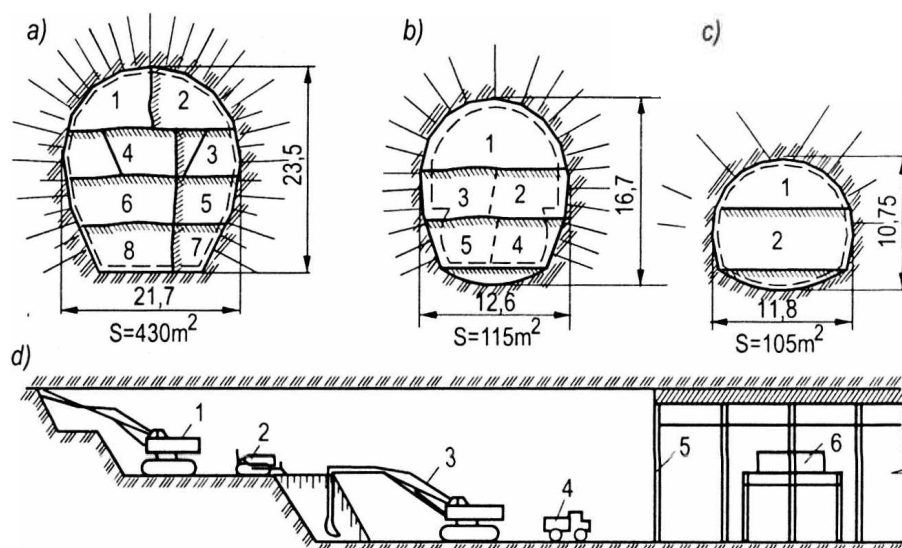
Trên hình 11.4 là sơ đồ đào hang một vòm của ga xe điện ngầm "Quảng trường dũng cảm" ở Leningrát bằng phương pháp nhân dỡ. (Ga Bách khoa ở Leningrát cũng đào tương tự). Ga dài 172m có tổng khối lượng đất đá đào là  $30000\text{m}^3$  nằm trong đất sét. Việc xây dựng ga bắt đầu từ việc đào các hầm để xây trụ tường đường kính 5,5m. Cùng với đào hầm là việc đổ bê tông. Trụ kê vòm cũng là tường của kết cấu ga. Sau khi kết thúc việc đổ bê tông tường, phần vòm bên trên được lắp ghép từ các khối bê tông cốt thép đúc sẵn bằng thiết bị chuyên dụng di chuyển trong không gian đã đào dưới vòm (hình 11.4b). Việc đào đất được tiến hành từ sàn của thiết bị lắp vỏ hầm với bước đào 1m cùng với việc lắp hai vòm chịu lực từ các khối bê tông cốt thép đúc sẵn tiết diện  $50 \times 70\text{cm}$ .

Sau khi làm xong việc xây vòm và ép nó về phía địa tầng, trên toàn chiều dài buồng thì tiến hành đào đất phần nhân (hình 11.4c). Việc lắp ráp vòm ngửa được tiến hành bằng cần cẩu kiểu dầm có sức nâng 5t. Sau khi lắp ráp các khối thì tiến hành ép nó về phía địa tầng bằng một kích đĩa như phần bên trên.

Những hạn chế theo các điều kiện địa chất công trình, do đất yếu để áp dụng phương pháp nhân dỡ là không rõ ràng đối với hang dạng buồng có nhịp lớn hơn 25m. Đối với những hang loại này nằm trong địa tầng tương đối ổn định, độ cứng trung bình thì phương pháp nhân dỡ là ưu thế so với các phương pháp khác không chỉ trong việc đảm bảo ổn định hang khi thi công mà cả về các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật. Có được điều đó là do phương pháp nhân dỡ đảm bảo an toàn cho công tác ngầm trong những điều kiện phức tạp và cho phép đào phần nhân bằng các phương tiện có năng suất cao dưới sự bảo vệ chắc chắn của vỏ hầm.

Trong các loại đất kém ổn định, như đã nêu trên, các hang dạng buồng có thể được đào bằng phương pháp vòm trước (đôi khi bằng phương pháp nhân đỡ) không loại trừ khả năng áp dụng phương pháp gương đào dạng bậc thang (phương pháp nước Áo mới NATM). Với phương pháp này mặt phẳng gương đào được đào từng mảnh không lớn. Việc đào gương theo bậc kéo dài đến 1,5 - 2 nhịp hang. Như vậy, các công việc tiến hành trên toàn gương nhưng diễn ra đồng thời ở các mức khác nhau. Đất đá được xả từ bậc này xuống bậc kia.

Sơ đồ nguyên tắc của việc đào hang bằng gương bậc thang chỉ ra trên hình 11.5. Ở đây mô tả các sơ đồ đào các hang khác nhau, mặt cắt dọc đặc trưng theo sơ đồ d là tương ứng với mặt cắt ngang của hang trên hình 11.5c.



**Hình 11.5:** Sơ đồ đào hang lớn bằng phương pháp bậc thang

a, b, c) Mặt cắt ngang các loại hang; d) Mặt cắt dọc hang;

1. máy đào liên hợp dạng cần xoay; 2. máy ủi; 3. máy xúc gầu ngược; 4. ô tô tự đổ;
5. ván khuôn di động; 6. thiết bị kéo lắp và di chuyển ván khuôn

Khi đào phải đảm bảo xu hướng là đào từng phần không lớn và ngay lập tức thực hiện quá trình gia cố bằng các neo và bê tông phun lên lưới thép. Trong phần vòm hang cùng với các vòm chống này tiến hành dựng các vòm mềm từ thép hình chuyên dụng. Mặt gương cũng được gia cố bằng bê tông phun.

Việc đào được tiến hành thường bằng máy liên hợp có bộ phận làm việc dạng cần xoay (trên từng đoạn cá biệt có thể áp dụng phương pháp khoan nổ mìn). Việc chuyển đá từ mức này sang mức kia được thực hiện bằng máy ủi hoặc máy xúc chuyển chạy trên xích bằng động cơ khí nén. Việc khoan neo tiến hành bằng máy khoan. Khi phun bê tông có thể sử dụng dụng cụ ô tô nâng. Thường trong gương bố trí một số máy phun bê tông để tiến hành gia cố đồng thời những vị trí khác nhau của hang. Đá được tập trung từ toàn tiết diện vào mức thấp nhất rồi dùng máy xúc gầu có dung tích lớn xúc lên ô tô tự đổ để chở ra ngoài (dung tích gầu 2-3m³, ô tô có tải trọng 20-30t).

Đáy hang, theo điều kiện làm việc của kết cấu, đa số là có dạng vòm ngửa và được đổ bê tông liền với kết cấu vỏ hang. Việc đổ bê tông các vỏ vịnh cửu tiến hành vào thời điểm khi mà các biến dạng của lớp phủ bê tông phun đã kết thúc. Trong trường hợp này tải trọng truyền lên vỏ là không lớn. Phương pháp gương đào dạng bậc để đào các hạng dạng buồng được ứng dụng trong những điều kiện địa chất đặc biệt (sét, cát, điệp thạch sét, biến chất phiến, argilit và các loại đất dính tương tự khác). Phương pháp đòi hỏi phải có quan trắc cẩn thận và lâu dài trong quá trình thi công về trạng thái và độ lún của đá cũng như kết cấu của vòm chống và áp dụng các giải pháp phù hợp khi tính nguyên vẹn của nó bị phá hoại.

## Chương 12

# KẾ HOẠCH HOÁ THI CÔNG NGẦM, CHỌN SỐ LƯỢNG GƯƠNG ĐÀO

### §1. TIẾN ĐỘ VÀ THỜI HẠN THI CÔNG CÔNG TÁC NGẦM - CHỌN SỐ LƯỢNG GƯƠNG ĐÀO

Việc kế hoạch hóa và tổ chức thi công công tác ngầm sẽ xác định thời gian, sự phân giai đoạn và tiến độ thi công công trình ngầm nói chung, cũng như trình tự công nghệ hợp lý của các quá trình cơ bản trong thi công.

Đối với những hang lớn dạng buồng và những hầm có chiều dài lớn đặc biệt quan trọng là việc chọn đúng số lượng gương thi công để đảm bảo xây dựng đúng thời hạn đã quy định.

Số gương được xác định xuất phát từ thời hạn yêu cầu của quá trình xây dựng, của tiến độ đào trong điều kiện địa chất, địa hình nhất định, đặc trưng cho khả năng mở các gương phụ dạng hang ngang, xiên hoặc giếng đứng.

Theo các yêu cầu về an toàn khi xây dựng ngầm đối với những hầm tiết diện  $\leq 16\text{m}^2$  chiều dài gương không vượt quá 1,5km. Đối với những hầm tiết diện lớn hơn  $16\text{m}^2$  chiều dài tối đa của gương được xác định đến 2,0km. Trong trường hợp cá biệt khi chấp nhận gương dài hơn cần phải theo đúng với các quy định kỹ thuật của nhà nước hoặc ngành.

Việc tăng số lượng gương thi công sẽ rút ngắn thời hạn xây hầm, tuy nhiên khi chiều dài hầm lớn sẽ kéo theo việc tăng khối lượng công việc, tăng khối lượng xây dựng các khu phụ phục vụ thi công ở khu vực cửa hầm, các xóm thợ, đường xá và các công trình hạ tầng khác v.v... Tất cả những điều đó sẽ làm tăng giá thành xây dựng công trình một cách đáng kể. Mặt khác với chiều dài gương từ 3km trở lên sẽ làm phức tạp việc tổ chức thi công, nhất là cộng tác vận chuyển thải đá, vật liệu, thiết bị, làm tăng chi phí lao động vào các quá trình phục vụ v.v... Điều đó dẫn đến việc giảm tốc độ đào và đổ bê tông vỏ hầm; làm dất thêm quá trình xây dựng. Trong những điều kiện này nếu địa hình cho phép thì cần phải xây các hang và giếng phụ. Như vậy trong giai đoạn thiết kế tuyến hầm cần phải xem xét trước việc chọn số lượng và vị trí các hang phụ.

Số lượng gương yêu cầu  $n$  với thời gian quy định  $T$  và chiều dài hầm  $L$  có thể xác định xuất phát từ phương trình:

$$T = T_1 + T_2 + \dots + T_3 + \frac{1}{V} \left[ \frac{L}{n} - \left( T_2 \frac{V}{2} + T_3 \frac{V}{2} \right) \right] \quad (12.1)$$

trong đó:  $T_1$  - thời hạn tiến hành các công tác phụ trợ, tháng;

$T_2$  - thời hạn đào các phần mở đầu của hang với tốc độ chậm, tháng;

$T_3$  - thời hạn đào phần hang với tốc độ chậm trước khi thông gương đào hoặc nối gương vào đường đào ngoài cửa, tháng;

$V$  - tốc độ đào trung bình thiết kế của một gương, m/tháng.

Trong thực tế thường thấy rằng trong thời hạn  $T_2$  và  $T_3$  thì tốc độ đào thấp hơn khoảng hai lần tốc độ đào trung bình  $V$  có nghĩa là  $0,5V$ . Nếu ta gọi  $T_0$  là thời hạn đào hầm (tháng) từ một gương thì  $T_0 = L/V$  còn

$$T_1 + 0,5 (T_2 + T_3) = \Sigma T_i \quad (12.2)$$

thì từ công thức (12.1) sẽ nhận được thời hạn xây dựng hầm với một gương đào sẽ là:

$$T = \Sigma T_i + T_0 \quad (12.3)$$

còn với  $n$  gương sẽ là:

$$T = \Sigma T_i + \frac{T_0}{n} \quad (12.4)$$

Từ đó số lượng gương cần tìm sẽ là:

$$n = \frac{T_0}{T - \Sigma T_i} \quad (12.5)$$

Khi đào bằng phương pháp bậc thang dưới, với việc xây vỏ bằng bê tông ta có:

$$\Sigma T_i = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 \quad (12.6)$$

ở đây:  $T_4$  - thời hạn đổ bê tông sau khi kết thúc công tác đào, tháng;

$T_5$  - thời hạn tiến hành công tác chuẩn bị gây ra do việc chuyển sang đào bậc dưới (di chuyển thiết bị, đặt lại các công trình kỹ thuật hạ tầng, làm lối lên, lối xuống), tháng.

Trong trường hợp này để tính toán, tốc độ đào được quy đổi ra tốc độ đào toàn tiết diện như sau:

$$V = \frac{V_1 V_2}{V_1 + V_2} \quad (12.7)$$

trong đó:  $V_1, V_2$  - tốc độ đào tương ứng với các gương trên và bậc dưới, m/tháng;

Khi có dọc theo tuyến hầm những vùng đất yếu:

$$V = \frac{V_k V_c}{V_k m + V_c (1 - m)}, \text{ m/tháng}$$

trong đó:  $V_k, V_c$  - tốc độ đào hầm tương ứng trong đá cứng và đá yếu, m/tháng;

$m$  - tỷ số chiều dài của đá yếu và chiều dài toàn hầm.

Việc tăng tốc độ đào hầm dẫn đến giảm thời hạn thi công là một đặc trưng kinh tế hết sức quan trọng để nâng cao hiệu quả đầu tư, giảm các chi phí vào các quá trình phục vụ, giảm giá thành công trình v.v...

Phương án cuối cùng của tuyến hầm, của số lượng gương hợp lý và vị trí của các hang phụ để mở các gương phụ cần phải xác định bằng việc lập luận chứng kinh tế kỹ thuật.

Cá biệt khi hầm thi công đồng thời từ hai cửa, có nghĩa là  $n = 2$ , không có hang phụ thì thời hạn xây dựng công trình được xác định như sau:

$$T = \frac{1}{2} \sum_{i=0}^n \frac{l_i}{V_i} \quad (12.8)$$

trong đó:  $l_1, l_2, \dots, l_n$  - chiều dài các đoạn hầm nằm trong các điều kiện địa chất khác nhau;

$V_1, V_2, \dots, V_n$  - tốc độ đào tương ứng với toàn đoạn.

Sự thay đổi tuyến và việc chuyển hầm lên gần bề mặt đến giới hạn cho phép có thể rút ngắn chiều dài các hang phụ và đôi khi tránh được những phức tạp về địa chất công trình. Trên hình 12.1 là mặt bằng khác nhau của việc vạch tuyến hầm với các hang phụ và không có hang phụ, một trong những phương án là cắt qua vùng đất yếu.

Khi xem xét các phương án có một hang phụ (hình 12.1) thời hạn xây dựng hầm nói chung hoặc đoạn phức tạp nhất có thể xác định đối với từng phương án theo công thức sau:

$$T_{I,II} = T_{hp} + \frac{L^{I,II} - T_{hp} V_T}{n_g V_T}, \text{ tháng} \quad (12.9)$$

Thời hạn đào hang phụ:

$$T_{hp} = \sum_{i=0}^n \frac{l_i^{hp}}{V_i^{hp}} \text{ tháng} \quad (12.10)$$

ở đây:  $L^{I,II}$  - chiều dài của thời hạn bình thường để kết thúc xây dựng phần hầm cơ bản tương ứng với phương án I, II;

$l_1, l_2, \dots, l_n$  - chiều dài của các đoạn hang phụ ở trong các địa chất khác nhau, m;

$V_1^{hp}, V_2^{hp}, \dots, V_n^{hp}$  - tốc độ trong các đoạn hầm tương ứng m/tháng;

$n_g$  - số lượng gương đào;

$V_T$  - tốc độ trung bình xây dựng phần hầm cơ bản, m/tháng.

Như vậy, bằng việc sử dụng các công thức (12.8) và (12.9) có thể tính được thời hạn đào hầm trong từng phương án.

Tốc độ đào trong một ngày đêm, sau khi đã biết trị số dịch chuyển gương sau một chu kỳ đào ( $l_{ck}$ ) có thể xác định:

$$V_{ng.đ} = 24 \frac{l_{ck}}{T_{ck}} \quad (12.11)$$

trong đó:  $T_{ck}$  - thời gian một chu kỳ, lấy theo biểu đồ chu kỳ công tác, ngày.

Trên cơ sở tổng kết các kết quả của các chỉ tiêu đào các hầm tiết diện lớn hiện nay, thời hạn hợp lý của một chu kỳ đào thường từ 12 đến 24 giờ. Với các ca làm việc 6 hoặc 8 tiếng thì sự phân phối hiệu quả thời gian như sau: khoan, nạp thuốc, nổ mìn là 1 ca, thông gió, xúc đá, vận chuyển - 1 ca.

Trong những hầm tiết diện nhỏ thường sau một ca hoàn thành toàn bộ một chu kỳ đào.

Việc sử dụng không phải số nguyên lần thời gian của ca làm việc cho một chu kỳ luôn luôn là không hợp lý, bởi vì nó làm phức tạp cho việc thống kê và đánh giá công việc của từng đội, làm giảm năng suất và chất lượng công việc.

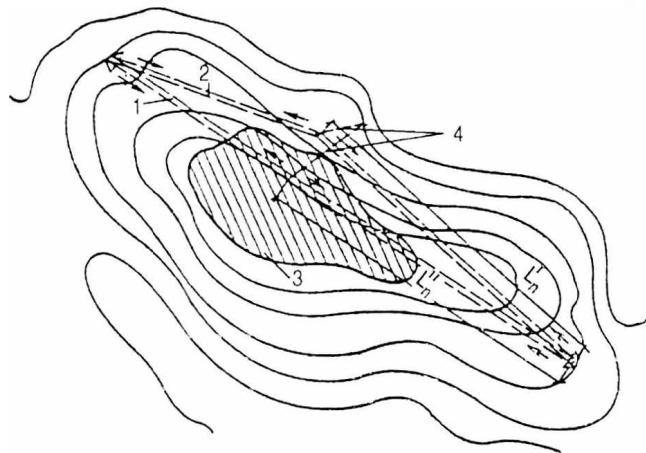
Kết quả của công tác thi công phụ thuộc rất nhiều vào việc tổ chức hợp lý lao động, chọn lựa đúng đắn thiết bị và phân bố công nhân vào các vị trí công tác, việc đảm bảo kịp thời các thiết bị và công cụ cơ giới cũng như phụ tùng thay thế. Việc áp dụng cơ giới hoá đồng bộ để đảm bảo năng suất cao có ý nghĩa rất quan trọng.

Để đạt được tốc độ đào cao nhất cần thiết phải đảm bảo thực hiện đúng biểu đồ chu kỳ từng công việc. Tổ chức các đội tổng hợp đồng bộ. Soạn thảo kế hoạch và nhiệm vụ cụ thể cho từng đội, thống kê kịp thời khối lượng và chất lượng công việc. Tuân theo đúng các điều kiện vệ sinh công nghiệp, các quy trình kỹ thuật an toàn. Cung ứng đầy đủ, kịp thời cho các tổ đội vật tư, kỹ thuật, sửa chữa kịp thời máy móc cơ giới. Áp dụng trong xây dựng các kỹ thuật mới, những sáng kiến cải tiến hợp lý hoá lao động.

Việc mở gương phụ có ý nghĩa đặc biệt trong việc tăng tiến độ đào hang tuy nhiên việc đào các hang phụ còn phụ thuộc vào điều kiện địa hình khu vực và có những đòi hỏi nhất định về vật tư, vật liệu và lao động.

## §2. BIỂU ĐỒ TIẾN ĐỘ THI CÔNG VÀ BIỂU ĐỒ CHU KỲ CÔNG TÁC

Trình tự thi công công trình được tính toán xác định trước, trong đó có công tác ngầm. Thời hạn của công tác ngầm được tính toán liệt kê tính bằng số ngày thi công được gọi là tiến độ thi công, quá trình triển khai tiến độ được gọi là kế hoạch tiến độ.



**Hình 12.1:** Sơ đồ xác định thời hạn xây dựng hầm với các hang phụ khác nhau  
1. tuyến hầm theo phương án I; 2. phương án II;  
3. vùng đá yếu; 4. các hang phụ

Tiến độ thi công là một tài liệu quan trọng nhất của thiết kế tổ chức thi công và thiết kế thi công. Trong tiến độ thi công phải chỉ rõ số hiệu, khối lượng công việc, trình tự, thời hạn, cường độ thực hiện chúng, thành phần số lượng người thực hiện, đơn giá công việc v.v...

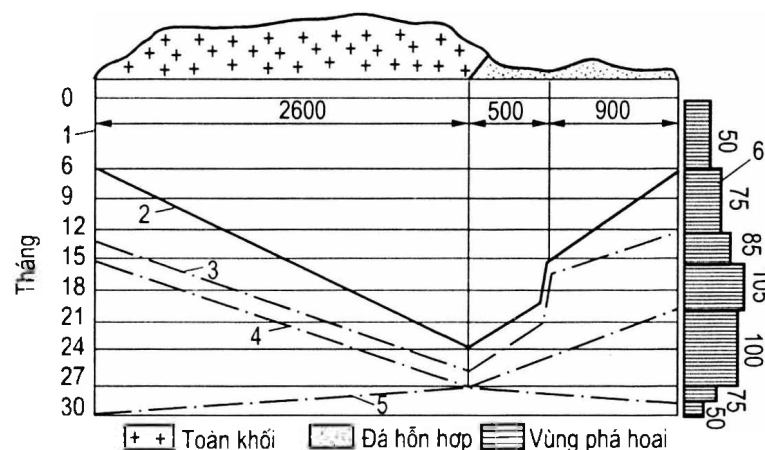
Tiến độ thi công có thể thực hiện ở dạng biểu đồ ngang, biểu đồ chu kỳ hoặc sơ đồ mạng.

Các biểu đồ ngang là dạng đơn giản nhất của mô hình tổ chức công nghệ, mô tả tiến trình thi công theo thời gian. Tuy nhiên, nó không chỉ rõ vai trò của từng loại công việc để đạt mục đích cuối cùng, nó không thuận lợi lắm trong việc dự báo tiến trình xây dựng các công trình lớn, phức tạp. Ưu điểm của nó là đơn giản dễ hiểu.

Biểu đồ ngang thường được lập cho các xí nghiệp xây lắp hoặc khu đội thực hiện xây dựng tổng hợp công trình ngầm và những công trình khác và nó khác biệt không nhiều với tiến độ thi công chung.

Để kế hoạch hóa tổ chức và thi công các công trình kéo dài trên tuyến (hầm, tuyến dẫn nước, giếng mỏ v.v...) thường sử dụng biểu đồ tiến độ dạng đường thẳng trên đó thể hiện quá trình phát triển các loại công tác và trình tự công nghệ theo dạng những đường chéo với hệ trục tọa độ. Trên hình 12.2 là biểu đồ tiến độ thi công của một hầm đào từ hai cửa theo hướng gặp nhau.

Tiến độ tổ chức mặt bằng xây dựng và đào phần cửa thể hiện bằng đường 1; đào là đường 2, bê tông vỏ hầm đường 3, công tác ximăng hoá là đường 4, giải toả thiết bị chuẩn bị hầm để đưa vào khai thác là đường 5. Tốc độ được thể hiện rõ trên hai phần có địa chất khác nhau. Trong vùng đứt gãy thì tốc độ đào giảm đáng kể.



**Hình 12.2:** Biểu đồ tiến độ thi công và mặt cắt địa chất dọc hầm

Các đồ thị tương tự phản ánh sự tác động tương hỗ, và sự ảnh hưởng qua lại giữa các công việc và tiến độ trong những điều kiện địa chất công trình khác nhau. Ngoài ra theo các đồ thị này cũng dễ dàng kiểm tra trạng thái thực tế của công việc, các nhu cầu về nhân lực (đường 6) trong quá trình thi công để có sự hiệu chỉnh kịp thời với mục tiêu tối ưu hoá chúng.



*Biểu đồ chu kỳ* là kế hoạch tổ chức lao động và công việc phối hợp các quá trình sản xuất trong một chu kỳ công tác.

Việc hoàn thành một cách hệ thống một chu kỳ với việc gắn các quá trình riêng rẽ với nhau xác định cách tổ chức một chu kỳ công tác.

Chu kỳ là quá trình kết thúc việc thực hiện một khối lượng công việc nhất định và sẽ được lặp lại sau một khoảng thời gian bằng nhau. Trình tự mỗi một lần lặp như vậy là đặc trưng của những công trình có tuyến dài như hầm.

Việc tổ chức có tính chu kỳ các công tác ngầm có thể theo dạng tuần tự hoặc song song. Trường hợp tổ chức tuần tự thì các công đoạn cơ bản được thực hiện lần lượt theo một trình tự nhất định. Vì thế để rút ngắn thời gian chu kỳ chỉ có cách là thời gian thực hiện từng công đoạn là tối thiểu. Trong trường hợp thứ hai thì các công việc có thể bố trí song song với nhau như khoan và dựng vì chống; khoan và thải đá, gia cố và thải đá v.v... Các công tác đào cần phải tiến hành theo một biểu đồ chu kỳ đã lập trước với sự kiểm tra theo dõi nghiêm ngặt việc thực hiện từng công đoạn một.

Khi thiết kế biểu đồ chu kỳ, thời gian chu kỳ như đã nhấn mạnh ở trên, cần phải xác định như thế nào để sau một ca hay một ngày đêm phải kết thúc trọn vẹn một số chu kỳ hoặc một chu kỳ phải chiếm một số nguyên lần ca làm việc khi khối lượng công tác lớn.

Trong một chu kỳ công tác phải sử dụng hợp lý các thiết bị kỹ thuật và tổ hợp các thiết bị nói chung, cũng như khối lượng công việc cho mỗi ca, mỗi đội trong chu kỳ đồng đều. Các biểu đồ chu kỳ như thế được thiết kế thi công và tổ chức thi công cho hầm.

Khi thiết kế các biểu đồ chu kỳ công tác nên xuất phát từ việc đảm bảo tốc độ đào hàng tháng. Trong hầm tiết diện lớn trị số bước đào hợp lý sau một chu kỳ công tác được xác định từ chiều sâu khoan tối đa có thể của thiết bị khoan. Điều đó được đảm bảo bằng việc chọn các thiết bị khoan hiện đại có xét đến việc thực hiện một chu kỳ đào trong một số nguyên lần ca làm việc.

Thời gian chung một chu kỳ khi thực hiện tuần tự các công việc được xác định.

$$T_{ck} = t_k + t_{nm} + t_{tg} + t_{xb} + t_{gc} + t_{az} \quad (12.12)$$

ở đây:  $t_k$  - thời gian cần thiết để thực hiện công tác khoan;

$t_{nm}$  - thời gian nạp và nổ mìn;

$t_{tg}$  - thời gian thông gió;

$t_{xb}$  - thời gian xúc bốc thải đá;

$t_{gc}$  - thời gian gia cố;

$t_{az}$  - thời gian chuẩn bị và kết thúc công việc (kiểm tra, dọn sửa gương, nhận và giao ca, đưa thiết bị vào, ra và đưa chúng vào trạng thái làm việc).

Thời gian khoan:

$$t_k = \frac{Nl}{\varphi k_n n V}, h \quad (12.13)$$

trong đó: N - số lượng lỗ mìn tính toán;

l - chiều sâu lỗ mìn, m;

$\varphi$  - hệ số đồng thời làm việc của máy khoan,  $\varphi = 0,7 \div 0,8$ ;

$k_n$  - hệ số độ tin cậy,  $k_n = 0,85 \div 0,9$ ;

n - số máy khoan;

V - tốc độ khoan trong một đơn vị thời gian có xét đến việc thay mũi khoan, chuyển từ lỗ này sang lỗ khác v.v... m/h.

Thời gian xúc bốc thải đá:

$$t_{xb} = \frac{\eta S l}{\varphi_1 P}, h \quad (12.14)$$

trong đó:  $\eta$  - hệ số sử dụng lỗ mìn;

$\varphi_1$  - hệ số sử dụng thời gian của máy xúc,  $\varphi_1 = 0,8$ ;

S - diện tích hàng có xét đến lượng đào vượt,  $m^2$ ;

P - năng suất thực tế của máy xúc xác định theo tính toán hoặc theo hộ chiếu máy có xét đến độ tin cậy khi làm việc.

Thời gian cần thiết để nạp mìn, kiểm tra, đấu mạng và nổ mìn:

$$t_{nm} = \frac{N t_z}{60n} + t_m, h \quad (12.15)$$

trong đó:  $t_z$  - thời gian nạp một lỗ mìn, theo số liệu thực tế  $t_z = 4 + 1,1l$ , ph;

l - chiều dài lỗ mìn, m;

n - số người nạp mìn.

$t_m$  - thời gian đấu mạng,  $t_m = 0,2 \div 0,6h$ .

Thời gian thông gió  $t_{tg}$  được xác định theo lượng gió sạch yêu cầu cấp vào gương và năng suất của quạt hoặc lấy theo các trường hợp tương tự. Phụ thuộc vào diện tích gương  $t_{tg} = 0,4 \div 0,8h$ .

Thời gian của quá trình gia cố xác định bởi chủng loại vữa chống; đối với vòm thép  $t_{gc}$  được quyết định theo định mức hoặc theo các điều kiện tương tự. Đối với vữa chống neo và bê tông phun  $t_{gc}$  được tính toán xuất phát từ khối lượng công việc và năng suất đặt neo và phun bê tông. Thời gian cần thiết để tiến hành công tác chuẩn bị và kết thúc ca làm việc với phương pháp mở, lấy  $t_{az} = (0,1 \div 0,15)T_{ck}$ .

Sau khi tính toán thời gian cần thiết để thực hiện các công đoạn chính theo khối lượng thực tế của các công việc và xác định thời gian cần thiết để thực hiện các quá trình phụ (theo tương tự hoặc định mức) như kéo đường vận chuyển, đưa thiết bị vào ra thời gian sửa gương, có thể lập biểu đồ chu kỳ công tác đào có xét đến tiêu chuẩn thời gian và chi phí lao động ghi trong các quy trình, quy phạm.

Theo nguyên tắc thực hiện các quá trình trong một chu kỳ đào, khi lập biểu đồ chu kỳ cố gắng bố trí song song các công đoạn có thể trong chu kỳ để rút ngắn thời gian chu kỳ.

Trên hình 11.3 là các ví dụ về biểu đồ chu kỳ công tác đào.

a)

Các quá trình công tác	Cho 1 chu kỳ			Ca làm việc																							
	Chi phí		Khối lượng công tác	I						II						III						IV					
	Thời gian (phút)	Lao động (người/giờ)		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6
Thông gió gương	30	-	-	-							-						-					-					
Chuẩn bị thả đá	20	1,5	-	-							-						-					-					
Bốc đá bằng máy xúc OMZ -2K	120	8	30 lỗ	-	-	-	-				-	-	-				-	-	-			-	-	-			
Chuẩn bị khoan	20	1,5	6 máy (1P-24)			-							-						-						-		
Khoan lỗ	140	11,5	38 lỗ			-	-	-					-	-	-				-	-	-				-	-	-
Nạp và nổ mìn	30	2	38 lỗ							-						-						-					-
Kiểm tra sửa chữa thiết bị	210	14		-		-	-	-	-	-		-	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-	-

b)

Các quá trình công tác	Thời gian		Ca I						Ca II						Ca III						Ca III					
	h	ph	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6
Bốc đá																										
Nhận và giao ca	-	20	■					■	■					■	■				■	■					■	■
Xúc đá	4	10	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■			■	■	■	■		■	■	■	■	■	■
Khoan lỗ mìn	1	15					■	■					■	■					■	■					■	■
Thu dọn thiết bị	-	10						■						■						■						■
Chuyển thuốc nổ và nạp mìn	-	25						■						■					■							■
Giải phóng gương sau nạp mìn	-	10						■						■					■							■
Nổ mìn và thông gió	-	15						■						■					■							■
Kiểm tra và đưa gương vào an toàn	-	10	■						■						■					■						
Chuyển và dựng vi chống tam	-	20			■						■						■						■			
Chèn ván vách giếng	3	30	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■		■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■
Gia cố giếng																										
Nâng sản treo	-	20				■						■						■						■		
Dỡ vi chống tam	-	45	■						■						■					■						
Xây vỏ vịnh cứu	4	10	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■		■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■

**Hình 12.3:** Các ví dụ về biểu đồ chu kỳ công tác  
a) Đào hầm tiết diện 15-20m<sup>2</sup> với tốc độ 200m/tháng;  
b) Đào giếng tiết diện 35-40m<sup>2</sup> tốc độ 150 m/tháng.

### §3. CÁC GIAI ĐOẠN THIẾT KẾ VÀ NỘI DUNG THIẾT KẾ

Việc thiết kế và tính toán một công trình trong thành phần trong tổ hợp công trình ngầm được thực hiện theo các yêu cầu của quy chuẩn tiêu chuẩn và quy trình xây dựng do nhà nước ban hành và các tài liệu hướng dẫn, các đơn giá, định mức tương ứng do Bộ Xây dựng phê duyệt (một số tài liệu do các bộ chuyên ngành phê duyệt).

Việc tổ chức tư vấn thiết kế và khảo sát khi thiết kế các công trình trong đó có công trình ngầm cần phải đảm bảo: trình độ tiên tiến về kỹ thuật thi công trên cơ sở những thành tựu, kinh nghiệm trong nước và nước ngoài; các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật cao nhất các công trình; tính vĩnh cửu và độ tin cậy trong khai thác; tính đồng bộ và tổ hợp các công trình riêng rẽ (ví dụ như cửa hầm, các phần đầu mối, các giếng v.v...); sử dụng hợp lý đất đai; bảo vệ môi trường xung quanh; tính chống động đất; phòng chống cháy nổ của công trình; ổn định của khối địa tầng xung quanh (đối với công trình ngầm); đảm bảo an toàn lao động trong xây dựng ngầm; áp dụng các phương pháp công nghiệp hoá và cơ giới hoá đồng bộ trong thi công ngầm v.v...

Theo quy định hiện hành việc thiết kế một giai đoạn: thiết kế bản vẽ thi công cùng với tổng dự toán cho loại công trình xây dựng theo thiết kế mẫu hoặc lặp lại các thiết kế cũ và những công trình không đòi hỏi kỹ thuật phức tạp. Các công trình còn lại trong đó có các công trình lớn và phức tạp thì thiết kế theo hai giai đoạn<sup>1</sup>:

Giai đoạn khởi thảo thiết kế (thiết kế kỹ thuật) thì các tài liệu về thiết bị và đơn giá do chủ đầu tư xác lập trong nhiệm vụ thiết kế.

Giai đoạn lập bản vẽ thi công các phần, các bộ phận, chi tiết phức tạp thì cơ quan thiết kế tiến hành xử lý bổ sung để chính xác các tài liệu thiết kế và dự toán. Những hiệu chỉnh này phải được cơ quan phê duyệt thiết kế xác nhận.

Thiết kế thi công cho những công trình có thời hạn xây dựng lớn hơn hai năm thường không giải quyết đồng bộ một lúc cho toàn công trình mà tiến hành theo trình tự nhất định. Việc thiết kế các công trình được bắt đầu từ việc khởi thảo các giải pháp thiết kế chung, cơ bản, cần thiết để lên được mặt bằng tổng thể công trình và tính toán giá thành xây dựng.

Thiết kế phải gồm: các bản vẽ mặt bằng quy hoạch kiến trúc tổng hợp; các giải pháp quan trọng nhất của phần thiết kế kỹ thuật; các giải pháp kết cấu của toàn công trình và các bộ phận trong đó có cả phần giải thích và đơn giá.

Phần bản vẽ thi công được chia ra làm phần chung và phần chi tiết với mức độ tỉ mỉ như thế nào đó để có thể thực hiện được tất cả các thành phần công việc thi công và xây lắp ở hiện trường.

Một trong những tài liệu quan trọng nhất là bản liệt kê các thiết bị, kỹ thuật công nghệ cũng như các chi tiết về kết cấu và vật liệu.

---

<sup>1</sup> Ở đây không kể đến giai đoạn thiết kế cơ sở trong quá trình lập dự án.

Đối với những công trình phức tạp, những công trình rất lớn là phải có phần so sánh tính toán kinh tế kỹ thuật hoặc luận chứng kinh tế kỹ thuật, trong đó xác định các giai đoạn thiết kế và quy hoạch, các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật cơ bản của công trình, thời hạn và giá thành xây dựng.

Quá trình thiết kế lại có thể chia làm giai đoạn chuẩn bị và giai đoạn thiết kế. Trong giai đoạn chuẩn bị phải bổ nhiệm các chánh kỹ sư thiết kế; lập các nhóm thiết kế; tiến hành khảo sát sơ bộ; chọn mặt bằng xây dựng; so sánh các phương án. Giai đoạn thiết kế được chia làm hai giai đoạn sơ bộ và giai đoạn chính. Trong giai đoạn sơ bộ sẽ chính xác lại vị trí xây dựng, các tuyến hầm và thực hiện công tác khảo sát công trình.

Công tác khảo sát thiết kế, theo kinh nghiệm của nhiều nước, nên quy về một đầu mối. Cũng có thể sau đó phân cấp cho một số cơ quan chuyên ngành để sử dụng tốt những đơn vị có trình độ chuyên môn cao khảo sát từng hạng mục nhưng vẫn có sự phối hợp ăn ý giữa các bộ phận chuyên ngành với nhau.

Các bản vẽ thi công là cần thiết để xây dựng các công tác xây dựng chung, các công tác ngầm và công tác lắp ráp v.v... Các bản vẽ thi công do các chuyên gia của từng chuyên ngành soạn thảo theo sự phân công của cơ quan thiết kế.

Việc giám sát tác giả khi thi công là cần thiết để đưa ra những hiệu chỉnh cho những thiết kế đã soạn thảo do có sự thay đổi về điều kiện địa chất công trình; để chính xác lại khối lượng công việc trong trường hợp có sụt lở và đào vượt lớn. Việc giám sát tác giả do các phòng đại diện cơ quan thiết kế hoặc nhóm thiết kế hiện trường tiến hành dưới sự chỉ đạo trực tiếp của chánh kỹ sư thiết kế.

Cơ quan thiết kế có trách nhiệm xem xét trước tất cả công tác đào theo thiết kế, công tác an toàn khi thi công ngầm, công tác lắp ráp và các công tác kỹ thuật an toàn của từng chuyên ngành, công tác vệ sinh công nghiệp, phòng chống cháy nổ v.v... Cơ quan thiết kế cũng có trách nhiệm kiểm tra việc thực hiện chức năng và sự làm việc của phòng đại diện hay nhóm thiết kế tại hiện trường nhất là trách nhiệm giám sát tác giả trong quá trình thi công.

Trong thành phần của thiết kế những công trình đầu mối hoặc tổ hợp các công trình cần có phần thiết kế tổ chức xây dựng và thiết kế tổ chức thi công. Trong thành phần của thiết kế tổ chức xây dựng (tổ chức công trường) phải có tổng mặt bằng chỉ rõ việc bố trí các công trình tạm, các công trình chính của công trường; mạng kỹ thuật; biểu đồ tiến độ thi công; khối lượng của từng hạng mục như lắp ráp; các nhu cầu về vật liệu, kết cấu; thiết bị cơ giới; cán bộ công nhân; các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật và bản thuyết minh thiết kế.

Thiết kế tổ chức thi công phải có tiến độ chi tiết; bản vẽ công nghệ của các công tác chính; biểu đồ chu kỳ công tác đào; công tác bê tông; hộ chiếu gia cố tạm; tổng mặt bằng xây dựng tỉ lệ 1:1000 hoặc 1:2000; các giải pháp về kỹ thuật an toàn v.v...

Việc lập thiết kế tổ chức xây dựng và tổ chức thi công phải phù hợp với các quy trình, quy phạm của nhà nước.

## Chương 13

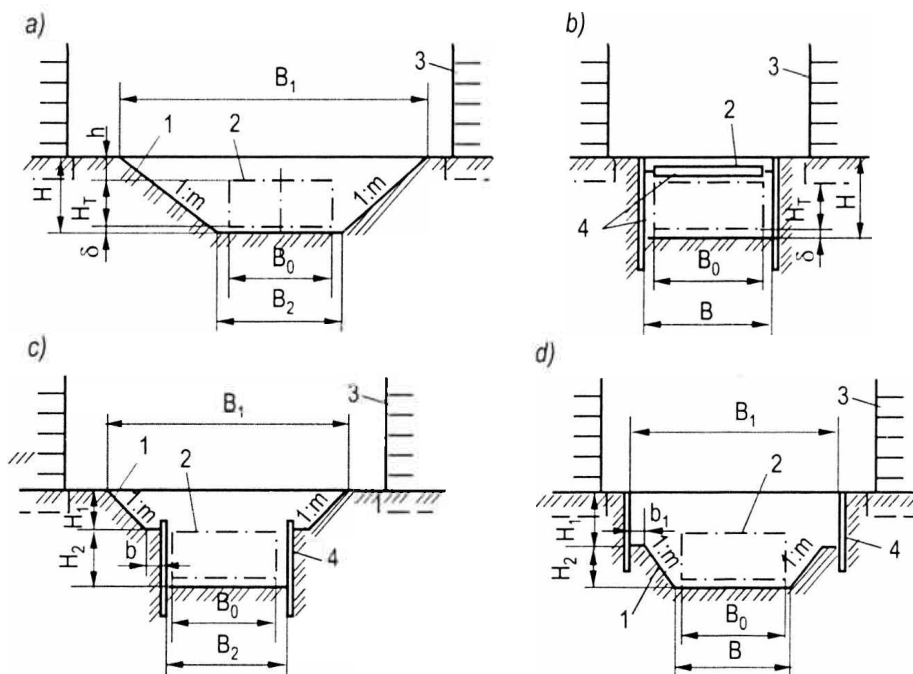
# XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH NGẦM BẰNG PHƯƠNG PHÁP LỘ THIÊN

### §1. PHƯƠNG PHÁP HỐ ĐÀO

#### 1. Hệ thống chống đỡ hố móng

Phương pháp thi công công trình ngầm bằng cách đào hố móng khá phổ biến đó là phương pháp xây dựng kết cấu của công trình ngầm trong hố móng đào sẵn rồi lấp đất trở lại để khôi phục mặt đất như ban đầu.

Hình dạng và kích thước của hố đào trên mặt bằng và chiều sâu của chúng cũng như hệ thống chống đỡ hố móng phụ thuộc vào kích thước, khuôn khổ của kết cấu ngầm; điều kiện địa chất công trình và điều kiện xây dựng của các công trình trên mặt đất, nhất là trong điều kiện thành phố.



**Hình 13.1:** Sơ đồ xây dựng hố móng không chống (a) và có chống vách

1. taluy tự nhiên; 2. biên ngoài của công trình ngầm; 3. vùng đã xây dựng; 4. chống vách

Trong địa tầng ổn định với độ ẩm tự nhiên khi có mặt bằng đầy đủ thì có thể đào hố móng với taluy tự nhiên không cần phải chống vách hố đào (hình 13.1a). Bề rộng hố đào

ở phía dưới (B2) cần lớn hơn bề rộng  $B_0$  của công trình ngầm để có thể xây dựng tầng phòng nước trên mặt ngoài của kết cấu ngầm, để dựng ván khuôn, lắp ráp các kết cấu lắp ghép, cũng như xây rãnh nước ở bên cạnh. Chiều sâu hố móng được xác định có xét đến chiều sâu đặt công trình  $h$ , chiều cao của công trình ngầm  $H_1$  và chiều dày lớp lót  $\delta$  (chuẩn bị để xây công trình). Độ dốc của taluy hố đào  $m$  được xác định bởi các tính chất cơ lý của đất, vị trí mực nước ngầm và chiều sâu hố đào. Trị số này thay đổi từ 1:0,75 đến 1:1,5. Trong trường hợp có hạ mực nước ngầm nhiều cấp thì mái dốc của hố móng có dạng bậc thang. Các bậc chừa lại để bố trí thiết bị hạ mực nước ngầm. Trong trường hợp có sử dụng loại cầu chân dê để phục vụ thi công thì cơ chừa lại là để bố trí đường ray của cần cẩu. Các hố móng với mái dốc tự nhiên được sử dụng khá phổ biến để thi công các hầm cho đường ô tô có nhiều làn xe, gara ngầm và các tổ hợp ngầm khác (bề rộng mặt trên hố đào đạt tới 50-60m). Trong điều kiện thành phố xây dựng dày đặc thì loại này ít được áp dụng.

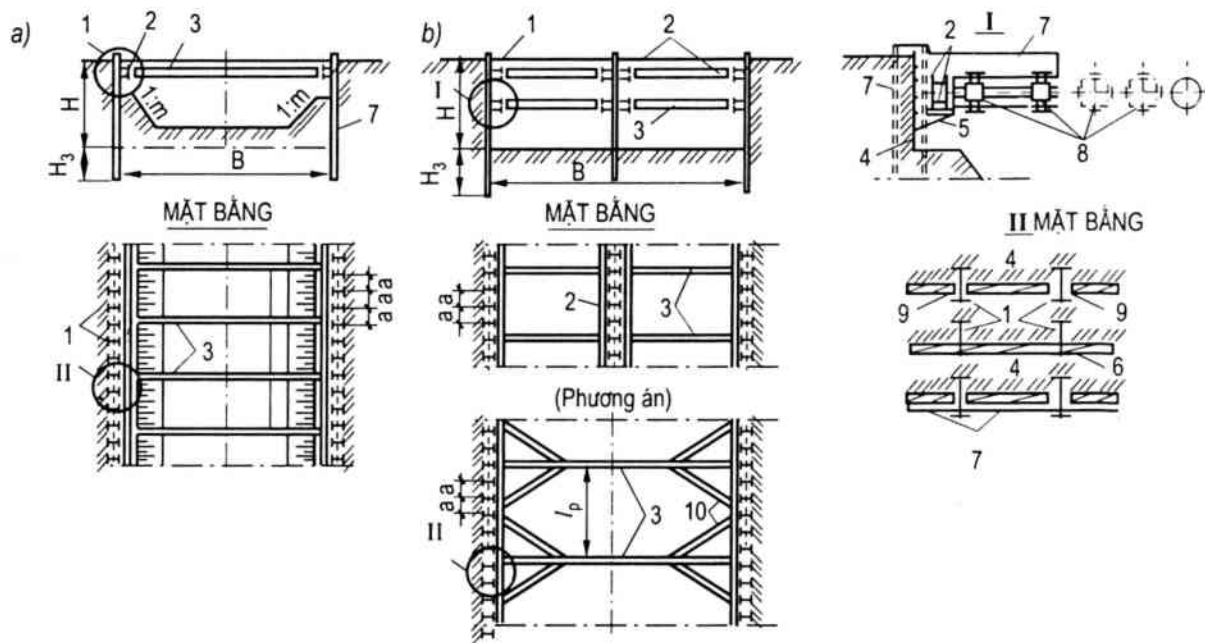
Đôi khi hố móng được đào với taluy có độ dốc lớn rồi gia cố bằng bê tông phun trên lưới thép hoặc neo trong đất...

Khi không thể tạo hố đào rộng, người ta đào hố móng với vách thẳng đứng có chống đỡ tạm (hình 13.1b). Với phương án này bề rộng của hố móng là tối thiểu chỉ cần vượt hơn bề rộng bản thân công trình ngầm  $B_0$  không lớn.

Trong một số trường hợp khe hở giữa vì chống giữ vách và kết cấu ngầm chỉ là 15-20cm về mỗi bên để bố trí lớp chống thấm và bảo vệ vách công trình cũng như để phòng khi đồng cọc cử không chính xác. Thông thường thì khe hở này lấy chừng 0,8-1,2m để đảm bảo chất lượng cho công tác thi công tầng phòng nước. Rõ ràng là khe hở này sẽ làm tăng khối lượng công việc (công tác đất) lên 5-10%.

Nếu điều kiện quy hoạch thành phố cho phép thì người ta đào hố móng có mái dốc tự nhiên đến mực nước ngầm  $H_1$  đến 3 - 5m còn phần dưới thì đào thẳng đứng có gia cố bằng cọc, nếu trong đất không ổn định thì phải đóng cọc cử (hình 13.1c). Cũng có thể phần trên đào có vách thẳng đứng gia cố bằng cọc hay cọc cử còn phần dưới đào có taluy tự nhiên (hình 13.1d). Khi có mái dốc tự nhiên (hay còn gọi là mái dốc giảm tải), cọc hay cọc cử có thể làm việc theo kiểu côngxon. Điều đó làm giảm giá thành gia cố và giảm khó khăn cho công tác thi công, tuy khối lượng thì có tăng đôi chút. Trong đa số trường hợp khi xây dựng hệ thống giao thông ngầm trong thành phố vách của hố đào là thẳng đứng có chống đỡ tạm hoặc chống vĩnh cửu. Trong đất có độ ẩm tự nhiên hoặc làm khô bằng hạ mực nước ngầm thường dùng cọc thép, bê tông cốt thép hoặc cọc bê tông (kiểu cọc khoan nhồi). Để gia cố giữa các cọc, đặt ván ngăn bằng ván gỗ hoặc tấm bê tông cốt thép đúc sẵn rồi phun phủ bằng bê tông (hình 13.2a, b).

Trong những đất bão hoà nước với mức độ tách nước kém không thể áp dụng việc hạ mực nước ngầm nhân tạo, người ta sử dụng cọc cử liên tục hoặc tiến hành đóng bằng nhân tạo hai vách hố móng. Trong một số trường hợp người ta dùng tường chống bằng cách đổ bê tông trong hào hoặc cọc khoan nhồi liền nhau.



**Hình 13.2: Chống vách bằng cọc**

a) Một hàng; b) Hai hàng;

1. cọc; 2. giằng; 3. thanh văng; 4. ván chèn; 5. trụ giữ; 6. lớp bê tông phun; 7. giằng; 8. con kê; 9. nêm; 10. thanh chéo

Các cọc bằng thép hình chữ I40-60 đóng dọc theo biên của hố đào cách nhau  $a = 0,5 \div 1,5\text{m}$  đóng sâu xuống dưới đáy của công trình ngầm  $H_3 = 3 \div 5\text{m}$ . Để nâng cao mômen bền của cọc, trên cánh của thép I tại chỗ mômen lớn nhất có thể hàn tấp thép lá dày 10 - 20mm. Việc hàn tấp thép lá như vậy ở phần dưới của cọc có thể giảm được chiều sâu đóng do cải thiện điều kiện ngầm trong đất.

Trong một số trường hợp để giảm ồn và rung khi đóng cọc người ta khoan các lỗ rồi gia cố phần đáy (đến mức đáy hố móng) bằng bê tông. Khoảng không gian giữa tường vách lỗ khoan và cọc được lấp đầy bằng đất cát. Trong quá trình đào đất vách hố móng giữa các cọc được chèn ván hoặc bằng một lớp bê tông phun. Ván chèn có chiều dày 5-7cm được ghép tựa vào cánh (lưng) cọc rồi nêm chặt với đất. Có thể gia cố vách bằng ván thẳng đứng tựa lên các xà giữ nằm ngang bằng thép góc hoặc thép chữ U tựa lên cọc. Khi có các phân lớp các đất bão hoà nước người ta phải đóng cọc cừ bằng ván có vát nhọn đầu. Nếu chiều sâu hố móng nhỏ hơn 3-4m, các cọc có thể làm việc theo sơ đồ côngxon tiếp nhận áp lực bên của đất. Khi chiều sâu hố móng lớn thì đòi hỏi phải gia cố thêm cọc. Để giải quyết yêu cầu này theo các cọc có đặt các giằng dọc ở khoảng cách đến đỉnh của kết cấu tương lai của công trình ngầm không nhỏ hơn 0,5m. Các giằng này bằng các dầm I45-60. Trên giằng dọc này cứ cách 4-6m dọc trục hố móng phải có một thanh văng ngang tựa lên giằng dọc. Khi chiều sâu hố móng khá lớn (lớn hơn 10-12m) và áp lực bên của đất lớn thì theo chiều cao cũng đặt thêm một số lớp giằng như trên. Kết cấu của những thanh văng ngang thường từ thép hình có tiết diện tổ hợp từ hai thép [



hoặc bốn thép góc nối với nhau bằng các bản nút và bản đệm. Để tăng độ cứng cho các thanh văng người ta dùng các bản nút trung gian.

Ngoài các thép hình tiết diện tổ hợp người ta cũng dùng thép ống làm thanh văng. Thép ống có đường kính 30-50cm. Hợp lý hơn cả là các thanh văng có cấu tạo sao cho chiều dài của chúng có thể thay đổi được. Thanh văng loại này được lập nên từ hai chi tiết lồng vào nhau. Những thanh văng này có thể sử dụng được cho các hố móng có bề rộng thay đổi.

Trong thực tế xây dựng ngầm các thanh văng tiết diện tổ hợp dạng chữ nhật có chiều dài thay đổi được (hình 13.3a) được sử dụng có hiệu quả.

Người ta cũng sử dụng các thanh văng dạng ống có chiều dài thay đổi được (hình 13.3b). Để điều chỉnh chiều dài dễ dàng người ta dùng kích cùng với hệ đầu thanh có các khớp nối với kích tựa lên phần ống cố định nhờ hệ tai hàn vào xung quanh thanh văng dạng ống.

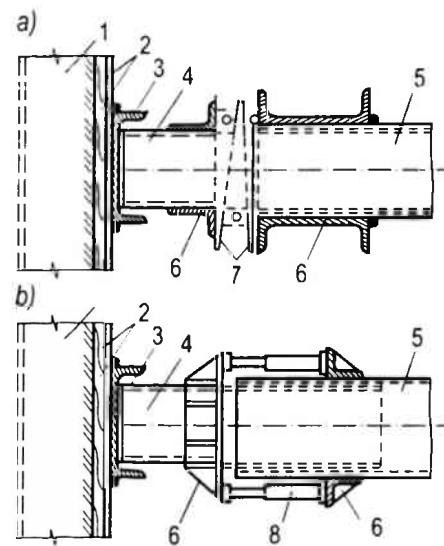
Tuy nhiên khi bề rộng hố đào lớn hơn 15-20m thì hệ chống có thanh văng như vừa nêu sẽ trở lên cồng kềnh và nặng nề. Mỗi thanh văng nặng 2-3t hoặc lớn hơn. Vì thế trong nhiều trường hợp người ta đóng thêm một hoặc vài hàng cọc trung gian (hình 13.2b). Điều này cũng tạo thêm những khó khăn phụ khác cho công tác thi công. Ngoài ra khi chiều sâu hố móng lớn hơn 10-12m hệ giằng lại phải đặt 2-3 lớp theo chiều cao đôi khi nằm cả vào không gian mà sẽ xây công trình ngầm. Tất cả những điều đã nêu sẽ làm khó khăn phức tạp việc cơ giới hoá công tác xây dựng kết cấu ngầm, ảnh hưởng xấu đến chất lượng và tiến độ thi công.

## 2. Chống đỡ hàng neo

Trong những năm sau này việc thay thế hệ chống văng để giữ hệ cọc hoặc cọc cừ bằng chống neo (hình 13.4a) khá phổ biến. Khi đó sự làm việc chịu nén của hệ giằng được thay bằng các ứng suất trước trong neo.

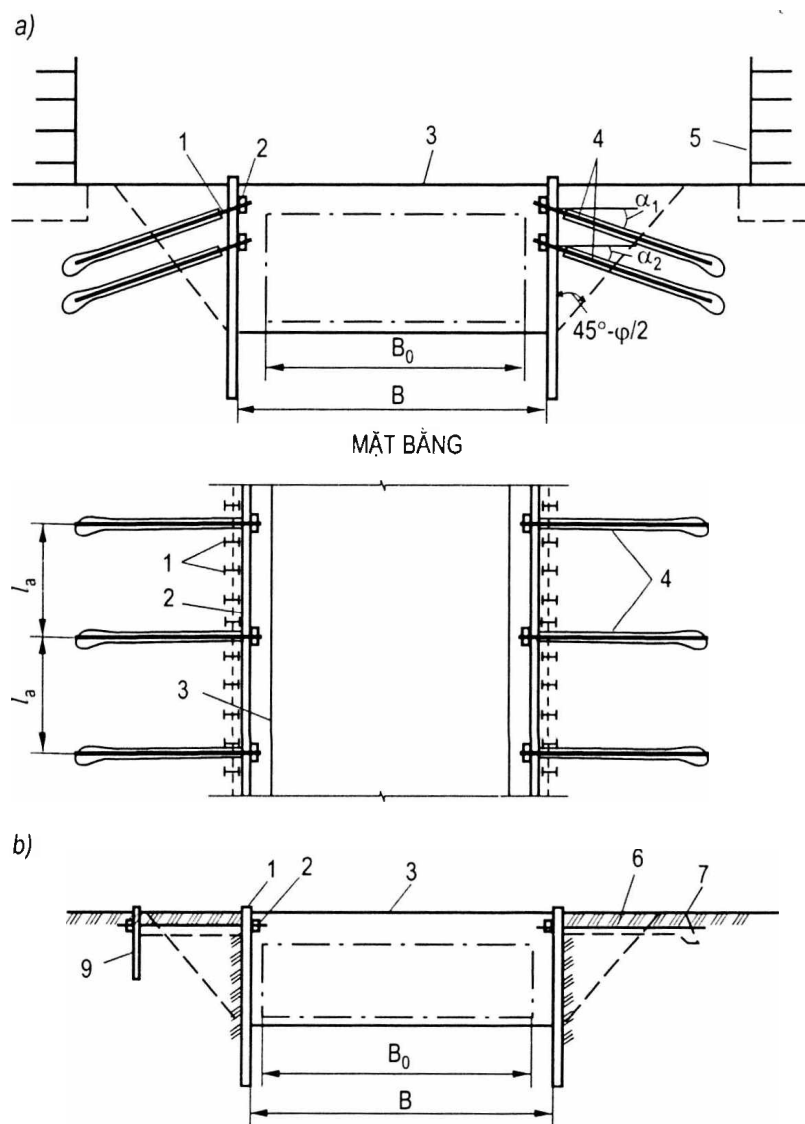
### Neo đất

Các neo đất được đặt như sau: sau khi đào hố móng đến một cao độ xác định dưới một góc xác định người ta khoan các lỗ đường kính 20-30cm và sâu 8 đến 20m đảm bảo cho phần đáy lỗ khoan nằm ngoài tầng đất trượt có thể. Trong lỗ khoan đặt thanh chịu



**Hình 13.3:** Thanh văng co giãn được  
a) Tiết diện chữ nhật; b) Tiết diện tròn  
1. cọc; 2. ván chèn; 3. giằng;  
4. phần kê của giằng; 5. thanh văng;  
6. bộ phận tỳ định vị; 7. nêm; 8. kích

kéo của neo rồi gia cố trên toàn chiều dài neo hoặc chỉ phần đáy neo. Bằng các neo như vậy người ta cốt thép hoá khối đất và hạn chế các chuyển vị của chúng đảm bảo ổn định cho hố móng. Thay vì các neo đất khoan như nêu trên người ta còn dùng các thanh kéo của neo nằm ngang trong hào cùng với tường giữ hoặc cọc giữ như trên hình 13.4b.



**Hình 13.4:** Sơ đồ chống hố móng bằng neo

1. cọc; 2. giằng; 3. biên công trình ngầm; 4. neo; 5. vùng xây dựng;  
6. dây căng neo; 7. khối giữ; 8. đáy hào; 9. cọc định vị

Tường và cọc này cũng phải nằm ngoài phạm vi của lăng thể trượt có thể. Trong xây dựng ngầm, người ta có thể sử dụng neo tạm hoặc neo vĩnh cửu để neo giữ các bộ phận chịu lực của kết cấu ngầm. Kết cấu của các neo này khác nhau chủ yếu ở dạng thanh căng, ở khả năng chịu lực và phương pháp gia cố trong đất. Để làm thanh căng nối neo với các giằng dọc người ta có thể dùng thép ống, các thanh thép gai đường kính 18-20mm cũng như các bó sợi thép cường độ cao (cường độ đứt đứt đến 1800 MPa).

Figure 1 consists of four schematic diagrams labeled a, b, c, and d. Diagrams a, b, and c are side views of a tool assembly. Diagram a shows a tool with a handle (1) and a head (2) with a cutting edge (3). The length of the handle is labeled  $l_3$  and the length of the head is labeled  $l_a$ . Diagram b shows a similar tool with a different head shape (9). Diagram c shows a tool with a different head shape (10). Diagram d shows top and bottom views of the tool assembly. The top view shows the tool with a handle (11) and a head (12) with a cutting edge (13). The bottom view shows the tool with a handle (14) and a head (15) with a cutting edge (16). The length of the handle is labeled  $l_3$  and the length of the head is labeled  $l_a$ .

1. nút ximăng; 2. thanh căng; 3. nút chèn; 4. biên lỗ khoan; 5. cọc; 6. giăng; 7. êcu;  
8. bản đệm; 9. ống đỡ; 10. phần mở rộng; 11. tai; 12. thiết bị xoay; 13. ống để ép vữa;  
14. hộp nút; 15. vỏ bọc cao su; 16. đai; 17. van; 18. ống đầu hình trụ; 19. phần mở rộng

237

vữa xi măng vào đất sẽ tạo nên nút đất gia cố xi măng có chiều dài  $l_3 = 4 \div 6$  và đường kính  $d_3$  bằng 1,5 đến 2 lần đường kính lỗ khoan. Vùng không xi măng hoá của neo sẽ ép một lớp chất dẻo hoặc mattit và đặt chúng trong một ống chất dẻo để chống rỉ cho thân neo và giảm ma sát trong phạm vi lăng thể trượt. Sau 6 đến 8 giờ, khi vữa xi măng cát đã đông cứng, người ta căng neo bằng kích với áp lực tăng hơn so với áp lực tính toán là 30-50% và giữ ứng lực như vậy trong vòng 1 giờ, người ta giảm ứng lực xuống giá trị tính toán và cố định đầu neo vào hệ giằng bằng bản đệm và êcu định vị. Để ngàm neo vào đất cát cùng với vữa xi măng cát có thể thay bằng các keo tổng hợp. Nút cao su như đã nêu trên có thể thay bằng hộp chế tạo từ xi măng sét thạch cao mác 500 có hai đầu bằng hai mặt bích thép và vòng giữ.

Trong cát hạt nhỏ cũng như trong đất sét mà vữa thấm rất kém và lực ma sát với đất không lớn neo phụt có thể dùng một hoặc một số đoạn đường kính mở rộng  $d_y$  bằng 2-3 lần đường kính lỗ khoan  $d$ . Sau khi tạo được phần mở rộng trong đất sét đầu nở được lấy ra còn trong đất cát thì phải bỏ lại như một thành phần của neo (hình 13.5c, d). Các neo có phần mở rộng có khả năng chịu lực cao do sức bền trượt của mặt trước phần mở rộng.

Neo đất được bố trí dọc theo hố móng với các bước  $l_a = 3 \div 5$  m trong hàng vì có nhiều hàng theo chiều cao. Các neo ở phía dưới thường dài hơn. Góc nghiêng của neo  $\alpha$  so với phương nằm ngang không nên vượt quá  $25 - 30^\circ$ , bởi vì khi tăng góc nghiêng thì sẽ giảm phần ứng lực giữ theo phương nằm ngang và tăng tải trọng thẳng đứng lên vì chống. Sự cần thiết phải tăng góc nghiêng của neo có thể khi hố móng được bố trí gần móng của nhà và các công trình kỹ thuật hạ tầng khác của khu dân cư.

#### *Các neo ứng suất trước dạng hình trụ*

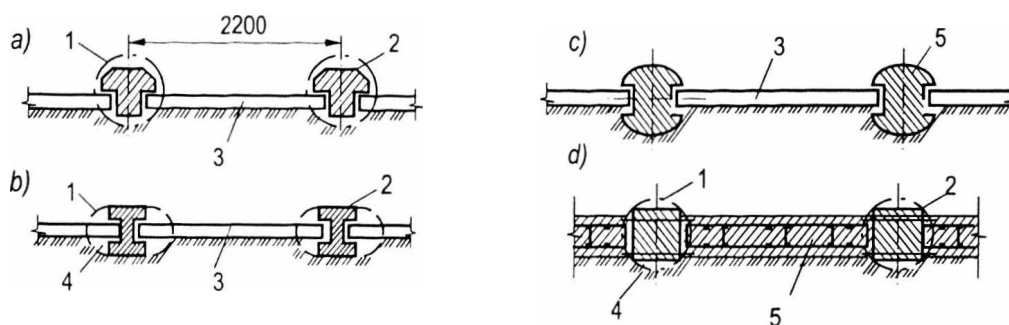
Neo ứng suất trước có một ống giữ và được tiện ren trong phần đầu nối với thanh hép căng. Để cải thiện lực dính bám với vữa ở phần ống giữ thường có tiết diện thay đổi. Ứng lực căng truyền qua đầu neo lên ống giữ và nút xi măng chịu ứng suất nén và không bị nứt như trong các neo phụt.

Việc sử dụng các neo đất thay các thanh chống văng có hàng loạt ưu điểm như tiết kiệm thép; không cần dùng thanh văng và đóng các hàng cọc trung gian; đặc biệt là giải phóng được không gian trong hố móng. Điều đó cho phép tiến hành các công tác lắp ráp chính cùng với sử dụng các thiết bị cơ giới có công suất lớn. Mặc dầu công nghệ thi công các neo đất có phức tạp hơn so với đặt các thanh văng và giá thành có cao hơn chừng 8-10% nhưng vì chống neo tỏ ra rất có hiệu quả, đặc biệt khi gia cố các hố móng rộng và sâu. Ngày nay vì chống neo được sử dụng khá rộng rãi khi xây dựng tầng phương pháp lộ thiên các công trình giao thông ngầm trong điều kiện khác nhau của thành phố. Nhược điểm của các neo đất chủ yếu là tính không xác định về sự làm việc của chúng, đặc biệt là trong các đất dính và không sử dụng lại được của neo.

Các hệ gia cố hố móng khác nhau với việc sử dụng cọc đóng hay cọc cừ đòi hỏi chi phí thép khá lớn. Mặc dầu 80% cọc đóng và cọc cừ có thể rút lên sau khi kết thúc quá

trình xây dựng, nhưng phần lớn chúng tỏ ra không thuận lợi cho việc dùng lại bằng cách đóng. Cũng nên xét là khi đóng cọc thép hay cọc cừ có thể gây hư hỏng các công trình khác như nhà cửa, tạo tiếng ồn và chấn động lớn, phá hoại sự sinh sống bình thường của thành phố. Ngày nay để chống đỡ các hố móng chủ yếu thay thế cọc thép, cọc cừ bằng việc áp dụng cọc khoan nhồi hay cọc bê tông cốt thép hạ trong lỗ khoan trước. Các loại chống đỡ kiểu này đã được sử dụng cả trong xây dựng thủy lợi và các công trình giao thông ở Liên Xô trước đây và các nước ngoài khác.

Ví dụ: Viện thiết kế xe điện ngầm của Liên Xô cũ đã thiết kế kết cấu hầm giao thông mà tường của nó là các cọc giữ tiết diện chữ T chèn sau là các tấm panen đúc sẵn trong nhà máy (hình 13.6a). Có thể hạ cọc tiết diện chữ I bằng bê tông cốt thép trong các lỗ khoan khoan sẵn (hình 13.6b). Người ta cũng áp dụng tường chắn cho hố móng bằng cọc khoan nhồi bê tông cốt thép. Đầu tiên với khoảng cách 1,5 - 1,8m người ta khoan lỗ và đặt vào trong lỗ một ống thép đường kính gần 1m. Sau đó hạ cốt thép vào trong ống, đổ bê tông và từ từ rút ống thép lên. Nhờ các chi tiết tạo rãnh bằng chất dẻo trong các cọc bê tông cốt thép mà tạo được khe định hướng cho các vách ngăn bê tông toàn khối sẽ đặt theo quá trình đào đất trong hố móng (hình 13.6c). Bằng cách tương tự để thi công tường chắn từ các cọc dạng lăng trụ hạ trong lỗ khoan và nối với các panen bê tông cốt thép toàn khối có cốt thép chờ (hình 13.6d). Thay cho các vách ngăn bê tông toàn khối có thể dùng các panen bê tông cốt thép lắp ghép. Việc sử dụng các hệ kết cấu loại này cho các công trình hầm kỹ thuật hạ tầng khác nhau, cho phép giảm chi phí lao động và giảm thời hạn thi công đáng kể so với hệ gia cố dạng đóng thông thường. Tường chắn bê tông cốt thép sẽ tỏ rõ hiệu quả hơn trong trường hợp đưa nó vào làm một phần của kết cấu vĩnh cửu của công trình ngầm.



**Hình 13.6:** Các dạng tường chống hố móng bằng bê tông cốt thép

1. lỗ khoan; 2. cọc đỡ; 3. tấm tường; 4. cát đắp; 5. bê tông cốt thép toàn khối

Trong những năm gần đây, để gia cố hố móng người ta đã bắt đầu sử dụng các tường mỏng kiểu màng. Với loại này hố móng được đào thành từng lớp 2-3m với mái dốc 80-85°. Trên mái dốc gán 2-3 lớp lưới thép rồi phun bê tông dày 20-40mm. Sau đó qua lớp phủ này khoan các lỗ đường kính 50mm và sâu 6 - 8m. Sau khi nhồi đầy phần đáy lỗ khoan bằng vữa xi măng người ta đưa vào lỗ khoan một thanh thép gai  $d = 25-30\text{mm}$ , sao cho phần làm việc của thanh thép được giữ ở trong lỗ khoan. Thanh được neo bằng bản

đệm và êcu rồi phun bê tông phủ đầu thanh vào mái dốc. Do tiêu tốn ít vật liệu và công nghệ đơn giản mà tường dạng màng mỏng được sử dụng có hiệu quả trong thi công các hố móng của công trình ngầm bằng phương pháp lộ thiên.

### 3. Tính toán hệ gia cố tạm hố móng

Các bộ phận của hệ gia cố tạm hố móng như cọc, hệ giằng ngang, giằng dọc, ván dè, thanh văng, neo đất cần phải tính toán độ bền, ổn định và biến dạng dưới tác dụng của áp lực bên của đất và các tải trọng tạm thời trên lạng thể trượt cũng như các tải trọng lấp ghép phát sinh ở các giai đoạn khác nhau của quá trình thi công công trình ngầm.

Khi tính cọc và cọc cừ cần phải xác định chiều sâu tối ưu của cọc đóng vào trong đất ở dưới đáy hố móng, điều kiện ngầm trong đất. Phải xác định các đặc trưng phân bố và cường độ của áp lực đất. Ngoài ra khi tính cọc đòi hỏi phải tìm quan hệ hợp lý giữa số liệu tiết diện cọc và khoảng cách của chúng dọc theo trục hố móng.

Các cọc đóng và cọc cừ bằng thép, chiều dài của chúng lớn hơn 10 đến 12 lần kích thước tối đa của tiết diện ngang, được xem như một dầm mềm đặc trưng biến dạng của chúng cơ bản phụ thuộc vào sự phân bố của áp lực đất.

Việc xem tường chắn mềm cùng làm việc với đất là một quan niệm đúng đắn nhưng khá phức tạp. Khi uốn cọc hay cọc cừ ở trong khối đất sẽ tạo nên một trạng thái ứng suất giới hạn cùng làm việc với vùng đất được làm chặt. Để xác định biên của vùng này cần phải giải một bài toán lý thuyết hỗn hợp của môi trường biến dạng tuyến tính và lý thuyết cân bằng giới hạn. Chưa có lời giải chính xác của bài toán đàn dẻo của tường chắn mềm trong hố móng.

Do đó trong thực tế thiết kế, đa số các trường hợp người ta dùng các phương pháp tính toán gần đúng dựa trên một loạt các giả thiết khác nhau. Cọc hay cọc cừ mềm được xem như một dầm ngầm ở phía dưới đất và tựa gối ở những vị trí có giằng ngang hay neo. Khi không có giằng ngang và neo thì chúng như một dầm công xon. Các cọc dạng thép chữ I được tính với áp lực chủ động (theo Culông) trên mặt ngoài, trị số của nó được xác định với nhịp  $a$  bằng khoảng cách giữa hai cọc và áp lực bị động ở phần dưới đáy hố móng (hình 13.7).

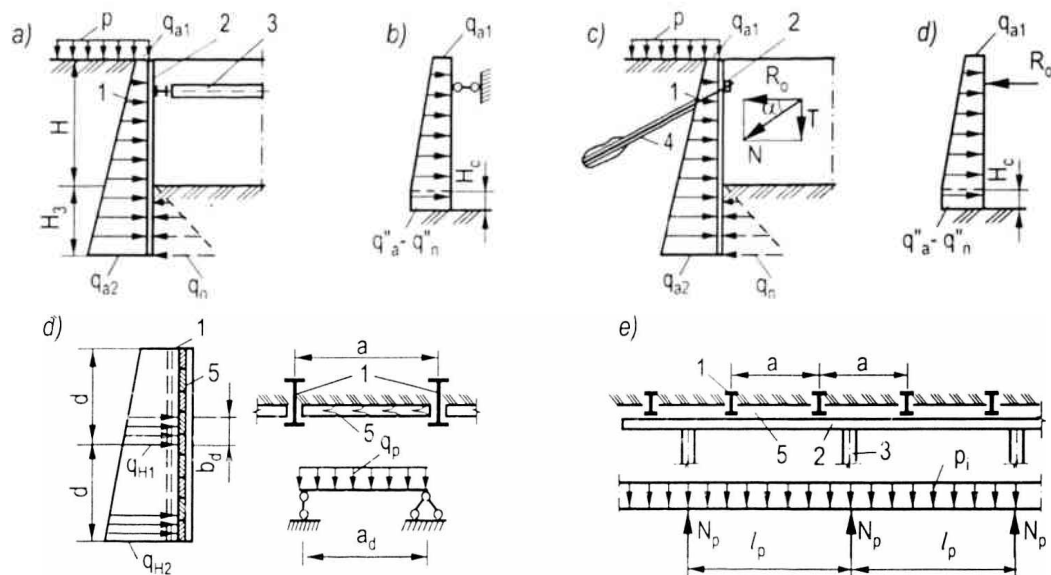
Trong thực tế áp lực chủ động trong phần dưới đáy hố móng có thể lấy với nhịp chỉ bằng bề rộng cánh của cọc  $b_0$ . Trị số áp lực bị động lớn nhất của đất lên cọc xác định theo công thức:

$$q_n = \gamma H_z \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \quad (13.1)$$

trong đó:  $\gamma$  - trọng lượng riêng của đất;

$H_z$  - chiều sâu đóng cọc xuống dưới đáy hố móng.

Chiều sâu đóng cọc  $H_z$  trong đất tối có thể lấy sơ bộ bằng  $H/2$ , trong đất chặt là  $H/3 - H/4$  ( $H$  - chiều sâu hố móng).



**Hình 13.7:** Sơ đồ tính và chống tạm hố móng  
a, b, c, d) Tính cọc; d) Tính ván chèn; e) Tính giằng  
1. cọc; 2. giằng; 3. thanh văng; 4. neo; 5. ván chèn

Trong những đất có góc nội ma sát  $\varphi > 40^\circ$  chiều sâu đóng xác định từ điều kiện sao cho áp lực tối đa của cọc tác dụng lên đất không vượt quá sức bền nén của đất.

Chiều sâu đến ngàm quy ước ở trong đất kể từ đáy hố móng  $H_0$  được xác định phụ thuộc vào chiều sâu hố móng và góc nội ma sát  $\varphi$ . Ví như với chiều sâu hố móng lớn hơn 4m trị số  $H_0$  được xác định như sau:

Với  $\varphi = 20^\circ$ ,  $H_0 = 0,25H$ ; với  $\varphi = 30^\circ$ ,  $H_0 = 0,08H$ ;  $\varphi = 35^\circ$ ,  $H_0 = 0,035H$ . Với những giá trị khác của góc nội ma sát  $\varphi$  trị số  $H_0$  có thể nội suy tuyến tính.

Để tính toán sơ bộ tường chắn dạng cọc của hố móng có thể sử dụng các đồ thị trên hình 13.8a, b do Viện thiết kế xe điện ngầm Liên Xô (cũ) đề xuất. Trong kết quả tính cọc hay cọc cừ theo sơ đồ dầm một nhịp (hình 13.7a, b, c, d) hoặc dầm nhiều nhịp người ta xác định mômen uốn lớn nhất rồi dựa vào nó để tính độ bền của cọc hay cọc cừ:

$$\frac{M_{\max}}{W} \leq R_u \quad (13.2)$$

trong đó:  $R_u$  - độ bền tính toán của thép khi uốn;

$W$  - mômen chống uốn của tiết diện cọc hay cọc cừ.

Các kết quả chính xác hơn có thể nhận được khi tính cọc hay cọc cừ theo sơ đồ dầm mềm dài trên nền đàn hồi liên tục hoặc dàn dèo (áp lực động và tĩnh của đất và tính toán tường chắn của N.K. Xnhitko).

Các ván chèn, truyền tải trọng từ đất lên cọc được tính chịu uốn như dầm đơn giản một nhịp (hình 13.7d). Do áp lực đất thay đổi theo chiều sâu, nên việc tính ván chèn được tính cho từng dải rộng 2-3m. Trong mỗi dải bề rộng ván lấy giống nhau.

Trên mỗi dải, ván được tính cho ván cuối cùng, tải trọng là phân bố đều với cường độ là  $q_p$ .

$$q_p = b_d \cdot q_n$$

trong đó:  $q_n$  - áp lực bên của đất ở mức giữa của ván thấp nhất trong dải;

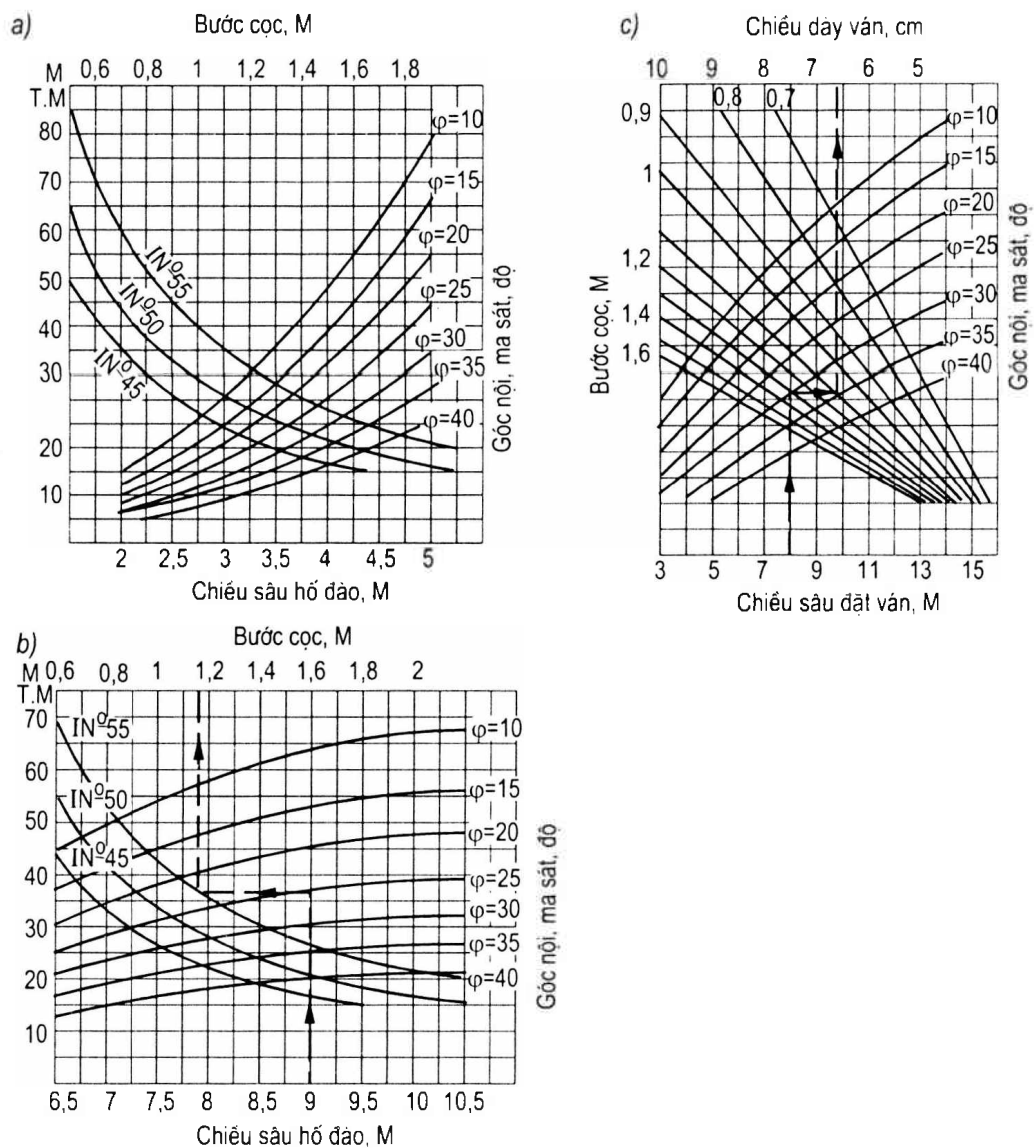
$b_d$  - chiều rộng của ván chèn.

Chiều dày cần thiết của ván  $\delta$  có thể xác định từ điều kiện bền của ván:

$$\frac{M_{\max}}{W_d} \leq R_u$$

Trong đó:  $R_u$  - độ bền tính toán của gỗ khi uốn;

$W_d$  - mômen chống uốn của tiết diện ván.



**Hình 13.8:** Các đồ thị để tính cọc côngxon (a), cọc có một điểm văng (b) và ván chèn (c)



$$\delta \geq \frac{a_d}{2} \sqrt{\frac{3q_n}{R_u}} \quad (13.3)$$

ở đây:  $a_d$  - nhịp tính toán của ván.

Để xác định sơ bộ chiều dày của ván chèn có thể xác định theo đồ thị trên hình 13.8c. Trong mọi trường hợp chiều dày tối thiểu của ván chèn lấy bằng 5cm.

Các giằng dọc (đai) được tính theo sơ đồ dầm liên tục với nhịp bằng khoảng cách giữa các trục của thanh văng hoặc neo, chịu tải trọng do cọc tác dụng lên (hình 13.7e).

Việc tính các thanh văng là chịu nén và uốn theo công thức:

$$\frac{N_p}{\phi F \left( 1 - \frac{M_p}{W_x R_u} \right)} \leq R_n \quad (13.4)$$

trong đó:  $F$  - diện tích tiết diện ngang của thanh văng;

$\phi$  - hệ số uốn dọc;

$M_p$  - mômen uốn tính toán trong thanh văng do trọng lượng bản thân;

$W_x$  - mômen chống uốn trong mặt phẳng uốn;

$R_u, R_n$  - sức bền tính toán của vật liệu khi uốn và nén.

Việc tính toán các neo đất tức là xác định các thông số hình học (chiều dài, góc nghiêng và bước) và khả năng làm việc của neo. Chiều dài và góc nghiêng được xác định từ việc tính toán ổn định của cọc hay cọc cừ cùng làm việc với khối địa tầng. Khả năng làm việc của neo  $N_a$  phải đủ để tiếp nhận các ứng lực phát sinh do neo:

$$N_a \geq k_n N_o \quad (13.5)$$

trong đó:  $k_n$  - hệ số độ tin cậy,  $k_n = 1,2$ .

Từ điều kiện này có thể xác định khoảng cách tối ưu của các neo ( $l_a$ ).

Khác với thanh văng chịu nén, neo chủ yếu là chịu kéo (nhỏ). Trị số của nó xác định là hình chiếu của phản lực  $R_o$  ở các gối đỡ cọc giữ (hình 13.7c, d).

$$N_o = \frac{k R_o l_a}{\cos \alpha} \quad (13.6)$$

trong đó:  $k$  - hệ số an toàn;

$\alpha$  - góc nghiêng của neo với phương nằm ngang, độ.

Theo ứng lực  $N_o$  người ta xác định độ bền của neo chịu kéo đứt:

$$\frac{N_o}{F_a} \leq R_a$$

trong đó:  $F_a$  - tiết diện ngang của thanh căng của neo;

$R_a$  - độ bền tính toán của thanh neo.

Khả năng chịu lực của neo đất có thể xác định như tổng độ bền của đất theo mặt bên và mặt trước của neo:

$$N_a = N_{a1} + N_{a2}$$

Tùy thuộc vào kết cấu của neo trị số  $N_{a1}$  xác định xuất phát từ sức bền trượt của đất theo toàn bộ mặt bên lỗ khoan hay chỉ ở trong vùng neo:

$$N_{a1} = k_o \Pi m_f f_n l \quad (13.7)$$

ở đây:  $k_o$  - hệ số đồng nhất của đất,  $k_o = 0,6$ ;

$\Pi$  - chu vi lỗ khoan đối với neo khoan ( $\pi d_{lk}$ ) hay chu vi vùng phụt đối với neo phụt ( $\pi d_f$ );

$m_f$  - hệ số phụ thuộc vào loại đất hay loại neo ( $m_f = 1$  đối với neo phụt,  $m_f = 0,6$  đối với neo khoan và neo có mở rộng trong cát;  $m_f = 0,5$  đối với neo khoan trong á sét và trong sét);

$l$  - chiều sâu lỗ khoan hoặc vùng phụt;

$f_n$  - độ bền tiêu chuẩn của đất theo mặt bên của lỗ khoan (CHuΠ. II-15-74).

Nếu neo nằm trong đất không đồng nhất thì trị số của tích  $m_f f_n$  được lấy theo từng lớp rồi tổng lại.

Khi tính toán neo phụt đường kính vùng phụt có thể xác định theo công thức:

$$d_f = 2 \sqrt{\frac{(1 + \varepsilon)v}{\pi \varepsilon l_f}} \quad (13.8)$$

trong đó:  $\varepsilon$  - hệ số lỗ rỗng của đất;

$v$  - khối lượng vữa phụt;

$l_f$  - chiều dài vùng phụt.

Sức bền của neo phụt hay neo khoan có mở rộng theo mặt trước neo có thể xác định bằng công thức thực nghiệm:

$$N_{a2} = k_o (AC^n + B \cdot \gamma \cdot h_u) (S - S_c) \quad (13.9)$$

ở đây:  $A, B$  - các hệ số phụ thuộc vào góc nội ma sát của đất và bằng:

$$A = 7,1 ; \quad B = 2,8 \text{ với } \varphi = 14^\circ$$

$$A = 26,9 ; \quad B = 16,5 \text{ với } \varphi = 30^\circ$$

$$A = 59,6 ; \quad B = 44,4 \text{ với } \varphi = 36^\circ$$

$C^n$  - lực dính đơn vị của đất sét hay thông số tuyến tính của đất cát (CHuP II-15-74);

$h_u$  - chiều sâu tâm của vùng phụt hay vùng mở rộng;

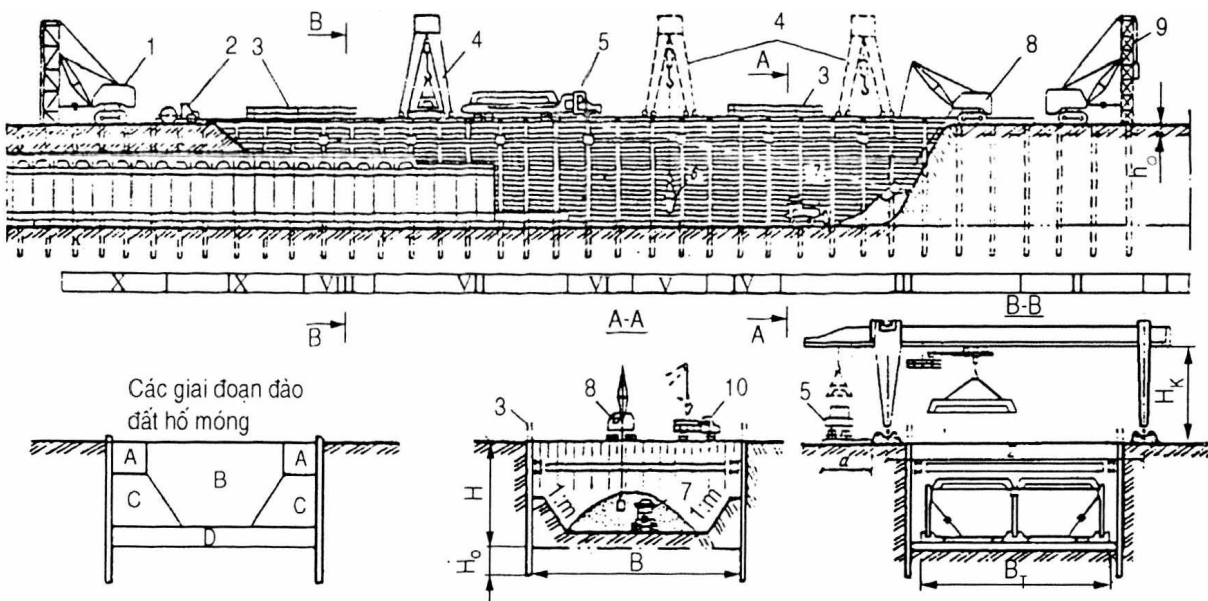
$S, S_c$  - diện tích làm việc của vùng mở rộng và diện tích tiết diện lỗ khoan;

$\gamma$  - trọng lượng riêng của đất.

Các kết quả của tính toán cuối cùng sẽ được kiểm tra bằng cách nhổ thử ở hiện trường.

#### 4. Đóng cọc và đào đất đá

Việc thi công theo phương pháp hố móng được tiến hành theo sơ đồ song song hoặc tuần tự. Trong trường hợp tổ chức song song thì đồng thời ở những đoạn khác nhau tiến hành tất cả các bước công nghệ bắt đầu từ đóng cọc, kết thúc là nhổ cọc. Công nghệ kiểu dây chuyền như vậy đòi hỏi tiến hành trên một đoạn dài 100 - 150m. Khi không thể mở diện như vậy hoặc thi công công trình ngầm có chiều dài nhỏ hơn 100m thì tổ chức theo kiểu tuần tự. Với sơ đồ này mỗi một quá trình công nghệ được bắt đầu khi quá trình công nghệ trước nó kết thúc. Với sơ đồ này mặt bằng thi công có thể hạn chế đến mức ngắn nhất. Lực lượng thi công cũng ít nhất nhưng tiến độ thi công sẽ chậm. Trước khi bắt đầu thi công các quá trình chính phải thực hiện các quá trình chuẩn bị như làm tơi các đất chặt, đặt hệ thống thoát nước, hạ mực nước nhân tạo, cho đóng băng hoặc gia cố hoá khi cần thiết v.v... Việc thực hiện các bước công nghệ là như nhau không phụ thuộc vào sơ đồ thi công chung (hình 13.9). Khi xây dựng tường chắn dạng cọc hay cọc cừ thì đầu tiên đào dọc hố móng một hào kiểm tra sâu 1,5 - 2m, rộng 0,5 - 0,8m để định vị công trình ngầm sau này.



**Hình 13.9:** Sơ đồ công nghệ xây dựng hầm trong hố móng gia cố bằng cọc

I. đào hào kiểm tra; II. đóng cọc; III. đào đất; IV. làm phẳng đáy hố; V. đổ bê tông lót; VI. làm tầng phòng nước đáy; VII. lắp ghép vỏ hầm; VIII. làm tầng phòng nước tường và nóc; IX. đắp đất; X. rút cọc; 1. thiết bị để rút cọc; 2. bơm; 3. tường chống hố đào; 4. cầu chân dê; 5. tắc phóc; 6. ben đổ bê tông; 7. máy ủi; 8. máy xúc; 9. thiết bị đóng cọc; 10. ô tô tự đổ; A, B, C, D - các giai đoạn đào hố.

Tuỳ thuộc vào tính chất của đất nền dọc theo tuyến của công trình ngầm, cọc cừ được đóng bằng búa hơi kiểu song động hoặc búa chấn động kiểu C-286, C-225 do Liên Xô (cũ) sản xuất (có thể thay thế bằng các búa khác có tính năng kỹ thuật tương

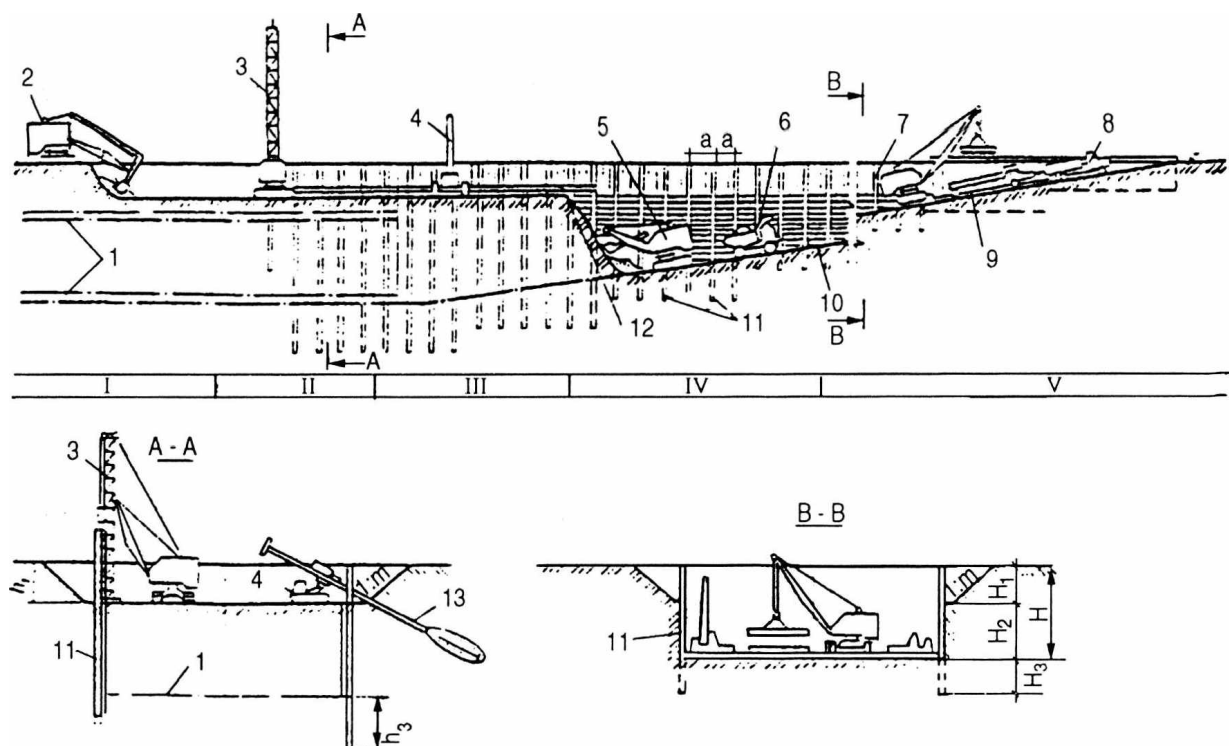
tự). Các búa dạng cần C-330 hoặc dạng ống C-966, búa diezen, búa chân động kiểu БП-1, БП-2, БП-3, БПП-1 do Liên Xô (cũ) sản xuất cũng thường được sử dụng để đóng cọc hay cọc cừ.

Người ta cũng sử dụng phổ biến các búa điện kiểu C-467-M để đóng cọc, loại này có năng suất cao hơn các loại đã nêu ở trên. Dùng loại này còn có ưu điểm ít phá hoại đầu cọc. Trong những năm gần đây người ta cũng sử dụng máy chạy trên bánh xích có trang bị cả thiết bị khoan, kích thuỷ lực để hạ cọc.

Sau khi đóng cọc hoặc cọc cừ người ta bắt đầu đào đất trong hố móng. Về phương pháp đào, trình tự đào đất được tiến hành phù hợp với loại đất và hệ thống chống đỡ.

Tùy thuộc vào chiều sâu hố móng người ta có thể đào đến độ sâu thiết kế một lần hoặc nhiều lần. Đào một lần khi chiều sâu hố móng không lớn 8 - 10m bằng máy xúc đặt trên mặt đất và dùng ủi để gom và cất đất ở phần gần cọc rồi chuyển về vùng hoạt động của máy xúc. Việc đào đất kiểu này cũng thường phân làm 3 - 4 giai đoạn.

Đất đào lên được đưa vào ô tô tự đổ, một phần chuyển ra bãi thải, một phần dùng để lấp lại hố móng. Trong quá trình đào đất khi lưu lượng nước ngầm không lớn thì việc thoát nước bằng bơm đặt trên mặt đất hoặc trong hố móng.



**Hình 13.10:** Sơ đồ công nghệ thi công đoạn đường dẫn vào hầm có gia cố bằng cọc

I. Đào hố; II. Đóng cọc; III. Đặt neo trong đất; IV. Đào phần dưới hố; V. Lắp ghép kết cấu;

1. đường biên hầm; 2. máy xúc gầu nghịch; 3. thiết bị đóng cọc; 4. máy khoan;

5. máy xúc gầu thuận; 6. ô tô tự đổ; 7. cần cẩu; 8. đầu kéo bánh lốp; 9. moóc phẳng;

10. ván chèn; 11. cọc; 12. giằng; 13. neo trong đất

Cùng với việc đào đất trong hố móng tiến hành công tác trắc địa kiểm tra, đo khối lượng đất. Để làm việc này trong khu vực hố móng phải có lưới khống chế, có cọc mốc gắn trên hố móng cũng như đánh dấu ở trên các thanh văng v.v... Trên đáy hố móng phải có các mốc kiểu khối lăng trụ có gắn mốc bằng thép. Trên mốc có số liệu chuẩn xác định bằng máy kinh vĩ và thủy bình. Trên cơ sở số liệu này để xác định vị trí, cao độ của neo và tường chắn v.v.

Đồng thời với việc đào đất phải tiến hành chèn ván sau cọc, sau khi đặt, ván phải nêm chặt với cọc hoặc gia cố mái taluy bằng bê tông phun.

Sau khi đào hố móng đến chiều sâu xác định người ta đặt hệ giằng, văng và neo. Đầu tiên đặt hệ giằng bằng thép chữ I hoặc thép chữ L, gông hoặc hàn vào cọc, sau đó lắp ráp hệ thanh văng. Để tiến hành việc này người ta dùng cầu bánh xích hoặc bánh lốp đặt trên bờ hố móng. Cũng có thể dùng cầu chân dê để lắp ráp.

Khi thi công các neo đất thì đầu tiên đào đất đến cao độ của hệ giằng, sau đó lắp ráp hệ giằng rồi khoan lỗ nghiêng như thiết kế. Để khoan lỗ có thể dùng máy khoan tự hành chạy trên bánh xích kiểu СБА-500Э, УЛБ-130, УБК-200/300, СКБ-4, máy "Kato", "Betono", "Bauer", v.v... Để tạo lỗ khoan nghiêng có thể dùng hệ giá định vị kiểu khí nén vừa đảm bảo độ nghiêng của thiết bị khoan và cũng là để rút ống chống ra sau này. Việc này thường là dùng trong đất rời. Ở Liên Xô cũ thường dùng các thiết bị kiểu ИП-4601, ИП-4603 và ИП-40 cho phép khoan lỗ đường kính  $\leq 400\text{mm}$  và sâu đến 50m.

Sau khi khoan lỗ đến chiều sâu yêu cầu, tiến hành đặt ống vào trong lỗ khoan, thanh neo bằng thép cường độ cao trên suốt chiều dài ống hoặc chỉ ở phần đáy (tùy theo loại neo sử dụng) rồi ép vữa xi măng bằng bơm C-251, C-256, C-317 v.v... Việc căng các neo phụt người ta tiến hành bằng các kích thủy lực kiểu ДГ-63-315; CM-537, ДГ-100-2 do Liên Xô (cũ) chế tạo hoặc các kích do Trung Quốc, Pháp chế tạo có tính năng tương tự. Việc căng neo tiến hành theo từng cấp từ 20 đến 30% ứng lực thiết kế rồi giữ nguyên một thời gian theo từng cấp. Ứng lực căng cuối cùng bằng 1,3 - 1,5 ứng lực tính toán sau đó giữ nguyên trong vòng 1 giờ. Trong quá trình căng neo cũng như sau khi đóng nêm định vị, ứng lực trong neo có thể giảm do từ biến của đất.

Sau khi gia cố cọc hoặc cọc cừ, người ta hoàn tất toàn bộ phần việc đào hố móng.

## **5. Xây dựng và phòng nước cho kết cấu**

Để làm phẳng và làm chặt nền người ta đổ một lớp bê tông đá dăm lót dày 10 - 15cm. Công việc này tiến hành trên từng đoạn 10 - 12m. Hỗn hợp bê tông thường lấy từ trạm trung tâm rồi dùng cần cẩu để đưa vào hố móng. Việc làm chặt và làm phẳng bê tông bằng đầm bàn và thước chuẩn. Bề mặt bê tông được láng một lớp vữa xi măng dày 2-3cm. Trên bề mặt lớp láng người ta phun hoặc dán lớp phòng nước phủ lên, các đầu của lớp phòng nước được kéo lên một tường bảo vệ bằng gạch hoặc khối bê tông cốt thép cao 1-1,2m. Người ta bảo vệ lớp phòng nước khỏi những tác động cơ học bằng cách láng phủ một lớp vữa xi măng dày 2-3cm.

Nếu công trình ngầm xây trong hố móng có mái dốc tự nhiên hoặc giữa hai vách của công trình ngầm và vách hố móng có khoảng hở 0,8 - 1,2m thì việc phòng nước tiến hành trực tiếp trên mặt ngoài của kết cấu.

Khi xây dựng công trình ngầm trong hố móng có tường chắn dạng cọc hay cọc cừ, hai bên vách không thể tạo được khe hở gần 1,0m thì tầng phòng nước được làm trên tường bảo vệ trước khi xây vỏ hầm.

Công tác làm tầng phòng nước của công trình ngầm thường thực hiện trên từng đoạn 10-15m. Công nghệ thi công tầng phòng nước chủ yếu phụ thuộc vào vật liệu phòng nước. Tầng phòng nước nhiều lớp kiểu dán: 3 - 4 lớp dán bằng bitum thì chủ yếu thi công thủ công. Cuộn vật liệu phòng nước được tở ra trải trên bề mặt cần phòng nước và dán bằng bitum matit chế tạo tại chỗ hoặc chở đến loại bitum đã chế sẵn bằng thùng có thiết bị đun nóng. Các lá chống thấm khi dán phải chồng mép không nhỏ hơn 15-20cm. Để giảm bớt khối lượng công việc thủ công người ta dùng thiết bị cơ khí để phun bitum.

Trong những năm gần đây, người ta sử dụng các vật liệu phòng nước mới trên cơ sở vải thủy tinh. Điều này cho khả năng cơ giới hoá công tác thi công tầng phòng nước. Với loại phòng nước này người ta phun lên bề mặt kết cấu hoặc tường bảo vệ một lớp phủ dày 1,5 - 2mm từ bitum đặc. Để làm việc này người ta dùng bitum chảy hoặc hơi nóng. Nhược điểm của phương pháp này là việc đốt nóng không đồng đều và nguy hiểm do việc phá hoại tầng phòng nước.

Sau khi xây dựng xong tầng phòng nước ở đáy người ta xây dựng kết cấu công trình ngầm. Vỏ là toàn khối thì được đổ bê tông tại chỗ với ván khuôn gỗ hoặc thép. Hợp lý hơn cả là dùng ván khuôn di động, cho phép tháo dỡ và di chuyển nhanh đến vị trí mới.

Bê tông được đổ vào sau ván khuôn bằng cẩu hoặc bằng bơm bê tông. Làm chặt bê tông bằng đầm. Khi xây kết cấu ngầm làm nhiều đợt các tường ngoài đổ bê tông từ dưới lên đến hết chiều cao.

Kết cấu lắp ghép được lắp ráp bằng cần trục bánh xích hoặc bánh lốp đặt trên bờ hố móng, trực tiếp trong hố móng hoặc trên nóc của công trình ngầm ở phần đã xây xong. Khi xây dựng các bãi chứa xe ngầm hoặc tổ hợp dạng buồng, chiếm một diện tích hạn chế thì người ta hay dùng cầu tháp có sức nâng 5 - 15t và có tay với phù hợp với kích thước công trình.

Khi xây dựng công trình ngầm đủ dài ( $\geq 300 - 400\text{m}$ ) và bề rộng hố móng lớn hơn 15 - 20m hợp lý hơn cả là sử dụng cầu chân dê dạng côngxon bố trí trên ray đặt trên bờ hố móng hoặc trên một cơ chữa lại trên taluy hố móng. Dùng loại này không chỉ lắp ráp kết cấu mà lắp đặt cả vì chống tạm của hố móng, cấp bê tông và các vật liệu khác trong quá trình thi công.

Trong địa bàn chật hẹp nếu dùng công nghệ dịch chuyển những đốt vỏ nguyên vẹn thường tỏ ra là có hiệu quả. Để làm việc này sau khi đào, gia cố hố móng nối vào buồng lắp ráp (là một phần của hố móng) người ta hạ từng đoạn vỏ hầm đúc sẵn và buồng lắp ráp bằng cầu, tiến hành tổ hợp chúng lại rồi đẩy chúng theo nền hố móng đã thi công

xong. Việc đẩy các đốt vỏ có thể dùng kích thủy lực tựa lên tường đầu của buồng lắp ráp tương tự như phương pháp ép đẩy hầm, cũng có thể dùng hệ tời cáp để kéo đẩy vỏ hầm. Tời bố trí ở đầu đối diện của hố móng.

Sau khi đẩy đốt vỏ vào vị trí thiết kế người ta làm phòng nước cho mối nối và nối vỏ hầm với nền: những khe hở giữa đáy đốt hầm với tấm bê tông cốt thép đáy được ép đầy hỗn hợp cát hoặc xi măng - cát.

Ưu điểm cơ bản của công nghệ này là các đốt vỏ có kích thước lớn được hạ vào hố móng chỉ ở buồng lắp ráp. Điều đó loại trừ được việc di chuyển cầu dọc bờ hố móng, cho phép thu hẹp đáng kể hiện trường thi công. Ngoài ra dùng cầu ở dạng đứng yên để hạ đốt, cho phép tăng kích thước và trọng lượng của đốt vỏ.

Ưu điểm của công nghệ này sẽ càng được phát huy khi sử dụng các cầu vận chuyển qua hố móng để lưu thông liên tục người qua các chỗ giao nhau của các đường trục lớn của thành phố. Bằng công nghệ này khi thi công công trình ngầm sẽ không làm rối loạn giao thông chung.

Các kết cấu lắp ghép được lắp ráp trên từng đoạn dài 15 - 20m, điều đó cho phép tiến hành thi công trên diện rộng. Việc tiến hành rõ ràng chính xác từng bước công nghệ sẽ tạo điều kiện đạt năng suất cao nhất trong thi công. Các kết cấu riêng rẽ (cấu kiện) được cấp đến công trình bằng xe kéo moóc hoặc xe chuyên dụng chở panen. Các kết cấu ngầm thường lắp ráp theo thứ tự từ dưới lên trên. Lúc đầu đặt các tấm móng, các tấm đáy, sau đó là các tấm tường, cột, dầm dọc, ngang cuối cùng là các tấm trần (mái).

Vị trí của các khối bê tông cốt thép được định vị bằng các thiết bị đo cao và đo bằng. Các khối tường với độ chính xác  $\pm 25\text{mm}$  trên mặt bằng và trắc dọc, các tấm đáy là  $\pm 25\text{mm}$  trên mặt bằng và  $\pm 20\text{mm}$  trên trắc dọc các cột, dầm và các khối trần có độ chính xác  $\pm 15\text{mm}$  trên mặt bằng và mặt cắt dọc.

Trong thời kỳ lắp ráp tất cả các cấu kiện cần được gia cố theo thiết kế. Kết cấu ngầm sau khi đã tổ hợp xong, trên mặt tấm tường và trần được bảo vệ khỏi bị làm hỏng bằng xây tường gạch, bằng các khối bê tông hoặc bằng cách phun vữa lên lưới thép. Trên trần (mái) đổ lớp bê tông dày 15 - 20cm có lưới thép gia cường.

Kết cấu sau khi hoàn chỉnh được lắp đất trở lại. Sau các tường đổ một lớp cát 20-30cm có tưới nước và đầm chặt bằng đầm khí nén hoặc đầm điện. Việc lắp đất sau tường phải tiến hành đồng thời cả hai bên để tránh áp lực một phía. Trên nóc đắp thành từng lớp 0,5 - 0,6m đầm chặt theo từng lớp. Để đầm chặt các lớp này dùng máy đầm xích hoặc lớp cũng như đầm chân dê v.v...

Sau khi đắp đất sau tường của công trình ngầm thì tháo hệ văng chống và rút cọc cũng như cọc cừ. Để rút cọc hoặc cọc cừ dùng các tháp lắp trên máy xúc kiểu bánh xích có trang bị tời, múp để tăng lực rút lên 10.000kN. Khi cọc hay cọc cừ trong đất rời có thể dùng các thiết bị rung để rút cọc. Cá biệt có thể dùng thiết bị rung chuyên dụng để

rút và đóng cọc cừ để rút cọc. Trong trường hợp này có thể giảm được lực kéo cần thiết để rút cọc đi 8 - 10 lần so với các phương pháp rút tĩnh thông thường. Tuy nhiên, khi lãg chấn động có thể gây lún các công trình nhà cửa ở gần cũng như có thể làm hỏng tầng phòng nước của công trình ngầm. Một số trường hợp có thể dùng kích thuỷ lực để rút để tránh ồn và chấn động. Khi dùng kích, lực rút thường bị hạn chế ở mức 5000 - 6000kN.

Giai đoạn cuối cùng là tiến hành hoàn thiện và lắp ráp ở phía trong của công rình ngầm; khôi phục lại đường xá bị phá hoại trong quá trình thi công và thu dọn giải phóng mặt bằng công trường.

Phương pháp thi công dùng hố móng đặc trưng bằng việc cơ giới hoá cao quá trình thi công, cho khả năng áp dụng các kết cấu kiểu công nghiệp hoá, các máy làm đất và các thiết bị nâng hạ có công suất lớn. Tuy nhiên, trong điều kiện thành phố có công trình xây dựng dày đặc, mật độ giao thông lớn không phải lúc nào phương pháp này cũng áp dụng có hiệu quả. Việc đào các hố móng rộng trên đoạn dài 100 - 150m sẽ dẫn đến phá hoại điều kiện giao thông đường phố trong suốt thời kỳ xây dựng hầm, gây khó khăn cho cuộc sống bình thường của đô thị. Khi thi công hầm bằng phương pháp hố móng thường đòi hỏi chi phí lớn về kim loại, gỗ để gia cố tạm. Ví dụ để gia cố 100m hố móng sâu 6 - 7m rộng 8 - 10m sẽ chi phí 250 - 300t thép và 60 - 70m<sup>3</sup> gỗ.

Việc hoàn thiện tiếp tục các loại kết cấu ngầm, ứng dụng các loại tường chắn nổi, việc cơ giới hoá đồng bộ quá trình thi công sẽ tạo điều kiện cho việc giảm giá thành và tăng tiến độ xây dựng các công trình ngầm bằng phương pháp hố móng.

## **§2. SỬ DỤNG VÌ CHỐNG DI ĐỘNG**

### **1. Các dạng vì chống di động**

Để cơ giới hoá tối đa công tác đào, xúc đất và xây vỏ hầm, khi xây dựng hầm đặt nông trong đô thị bằng phương pháp lộ thiên người ta sử dụng vì chống thép tiết diện ngang hở di chuyển được trên vỏ hầm đã tổ hợp hoặc trên tường (vách) của hang. Việc sử dụng vì chống di động cho phép:

- + Loại trừ việc sử dụng vì chống tạm và giảm nhẹ các khó khăn khi xây dựng vì chống tạm.

- + Giảm khối lượng công tác đất khi đào hố móng và lấp trở lại sau khi xây xong kết cấu (do giảm khe hở giữa vỏ hầm và vách hố móng).

- + Giảm chiều dài của đoạn thi công có phá hoại điều kiện bề mặt xuống đến 30-40m.

- + Nâng cao mức độ cơ giới hoá, giảm khó khăn trong thi công.

- + Nâng cao tốc độ xây dựng hầm.

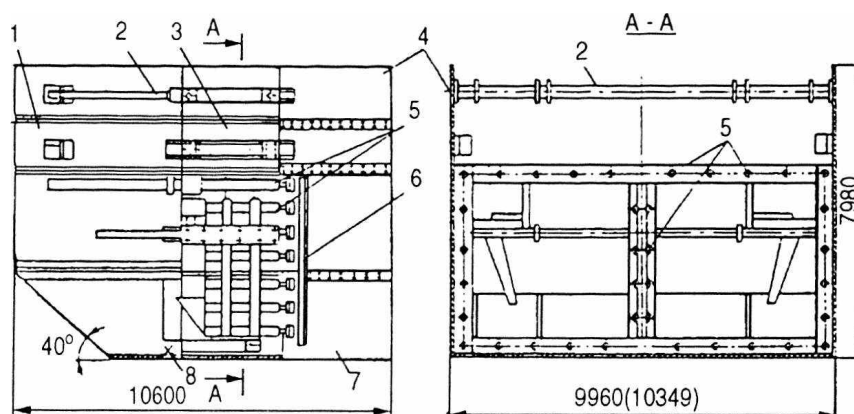
- + Giảm tiếng ồn và chấn động.

- + Giảm nguy hiểm do chuyển vị, biến dạng bề mặt, nhà cửa và những công trình dọc theo tuyến hầm.



Vì chống di động sử dụng hợp lý khi xây dựng các hầm nổi ga của các tuyến xe điện ngầm, hầm giao thông cho các tuyến ô tô, hầm đi bộ đặt nông, chiều dài lớn hơn 50-100m. Việc thi công có sử dụng vì chống loại này thực tế có thể tiến hành trong bất kỳ loại đất không cứng nào, loại trừ bùn và cát chảy. Khi có mực nước ngầm cao phương pháp này có thể áp dụng cùng với việc hạ mực nước ngầm nhân tạo. Ở các nước người ta sử dụng các loại vì chống di động khác nhau về kích thước, phương pháp di chuyển và những đặc điểm về cấu tạo. Ở Liên Xô cũ lần đầu tiên sử dụng dưới dạng một khiên hở để thi công đường xe điện ngầm ở Matxcova. Tốc độ đạt 150m/tháng.

Ngày nay trên thế giới đã áp dụng rất nhiều loại và cơ giới hoá một cách hoàn chỉnh các loại vì chống di động này. Ví dụ, loại KMO-2×5 của Liên Xô cũ dùng để đào các hầm nổi ga xe điện ngầm tuyến đơn hoặc tuyến đôi, có thể gia cố hố móng rộng đến 10,5m sâu đến 8m trong cát, cát pha, á sét, sét và cát bụi. Khiên hở tiết diện chữ nhật loại này có chiều dài 10,6m rộng 9,96m (10,34m trên đường cong), cao 7,98m, trọng lượng 350 - 270t, lập từ phần lưỡi, phần vòng tựa và đuôi (hình 13.11). Phần lưỡi và phần đuôi có dạng các vách đứng bằng các thép I có bọc thép lá. Phần lưỡi có góc nghiêng 50° với phương đứng và có lưỡi sắc để cắt đất. Để đảm bảo độ cứng cần thiết phần lưỡi có những dầm giằng và có các chống xiên dạng ống để khỏi cản trở sự làm việc của máy xúc. Trong vòng tựa có bố trí 30 kích thuỷ lực có sức đẩy 100t và đặt trên một khung phân phối để tựa lên vỏ hầm. Ở đây có bố trí ba bơm thuỷ lực, động cơ điện và cụm điều khiển. Trong phần trên của thân khiên có lắp tường chắn mở khép được để tạo khả năng đào các hầm kỹ thuật hạ tầng cho thành phố. Trong phạm vi của phần tựa kích có gắn 4 lưỡi để làm phẳng đáy hố móng và các chân tựa cũng có trang bị kích thuỷ lực để cải thiện độ cơ động của khiên trên mặt bằng và mặt cắt dọc. Với mục đích này trong vách của phần lưỡi cũng chứa lại các cửa sổ có nắp đậy, đóng mở bằng xilanh thuỷ lực. Việc dùng khiên cũng được giảm nhẹ do áp lực đơn vị lên đất không lớn ( $\leq 50$  kPa).

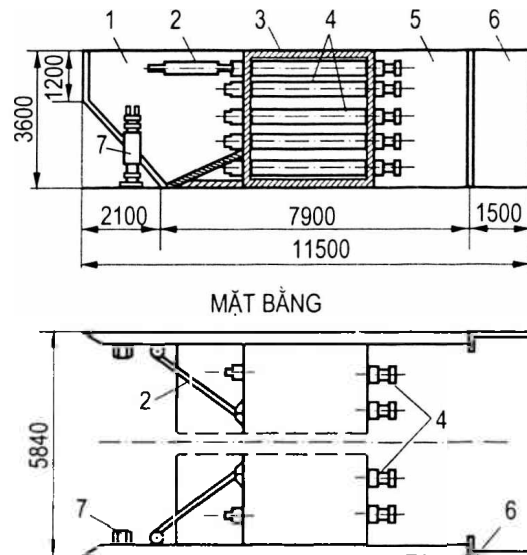


**Hình 13.11:** Sơ đồ vì chống dạng khiên hở

1. phần lưỡi; 2. dầm giằng; 3. phần tựa; 4. vách chống bên; 5. kích thuỷ lực;
6. khung phân phối; 7. phần đuôi; 8. dao cắt di chuyển được

Người ta còn sử dụng vì chống khiên nhẹ để đào công trình ngầm đặt nông. Khiên dài đến 11m, rộng 3,2 - 12m, cao 3,6m. Trọng lượng 25 - 67t có tiết diện hộp thép (hình 13.12).

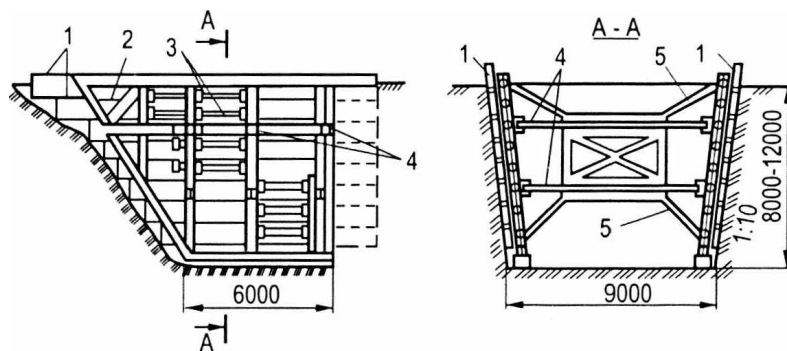
Việc dịch chuyển khiên được thực hiện bằng 14 kích thủy lực, tựa lên các chi tiết vỏ hầm đã tổ hợp xong. Việc đào đất tiến hành trong vùng lưới lập từ hai vách thép để chống sụt đất. Khiên có ưu điểm là có tính linh động cao và có thể đảm bảo đào hầm cong bán kính đến 50m và độ dốc nghiêng  $\pm 12\%$ . Ở Matxcova đã sử dụng loại khiên này để đào 1,2km hầm, trong đó có một hầm cho người đi bộ dài 47,86m, rộng 5,34m cao 2,32m trên đại lộ Kutuzov.



**Hình 13.12:** Một sơ đồ khác của vì chống khiên hở

1. phần lưới; 2. thanh chống xiên;
3. phần tựa; 4. kích thủy lực; 5. phần đuôi;
6. đuôi bảo vệ; 7. kích hiệu chỉnh

Cùng với các loại khiên tiết diện hở người ta còn sản xuất ra các loại khiên tự bước dùng để chống và tạo biên hố móng và hào. Đó là loại vì chống thép dạng treo không kín lập từ hai khối vách tạo nên. Khiên di chuyển được theo kiểu khe van phẳng (hình 13.13).



**Hình 13.13:** Sơ đồ vì chống hở di động được

1. vách chống di động được; 2. thân; 3. kích thủy lực; 4. thanh văng; 5. thanh chống xiên

Các vách của khiên có độ nghiêng 1:10 để giảm trọng lượng vì chống và giảm ứng lực khi di chuyển. Hai vách nối với nhau bằng một khung cứng không gian là những dầm thép liên kết với nhau. Trên khung có gắn các xi lanh kích thủy lực để dịch chuyển các khối của tấm vách khiên.

Trên thân của vì chống có đặt động cơ thủy lực, bơm, ống dẫn và bộ phận đóng mở. Trên vì chống có trang bị phần lưới cắt để cắt đất, tạo khuôn vách hang đào.

Để di chuyển vì chống một cách thuận lợi và có thể áp dụng cho các hố móng có bề rộng khác nhau, vì chống là kết cấu lắp ghép, tháo lắp được. Trong trường hợp cần đào dưới các kết cấu ngầm khác, phần trên của vách khiên có dạng khớp nâng hạ được. Cũng có thể kéo dài thêm phần cánh (vách) của khiên để đào các hố móng sâu hơn. Trong trường hợp này các tấm tường phụ được nối vào nhờ các thanh giằng hoặc thanh xiên.

Khi thiết kế vì chống di động, ứng lực cần thiết  $P$  của các kích xác định định từ điều kiện khắc phục lực ma sát của đất trên mặt ngoài của khiên, sức cản của đất khi phần lưỡi cắt đất:

$$P = k_n (\Pi q L \mu + F_0 q_0) \quad (13.10)$$

trong đó:  $k_n$  - hệ số độ tin cậy;  $k_n = 1.2 \div 1.5$ ;

$\Pi$  - chu vi phần lưỡi khiên hoặc chiều cao tấm tường của khiên hở;

$q$  - áp lực tiêu chuẩn của đất lên thân khiên hay khung khiên hở;

$L$  - chiều dài của khiên;

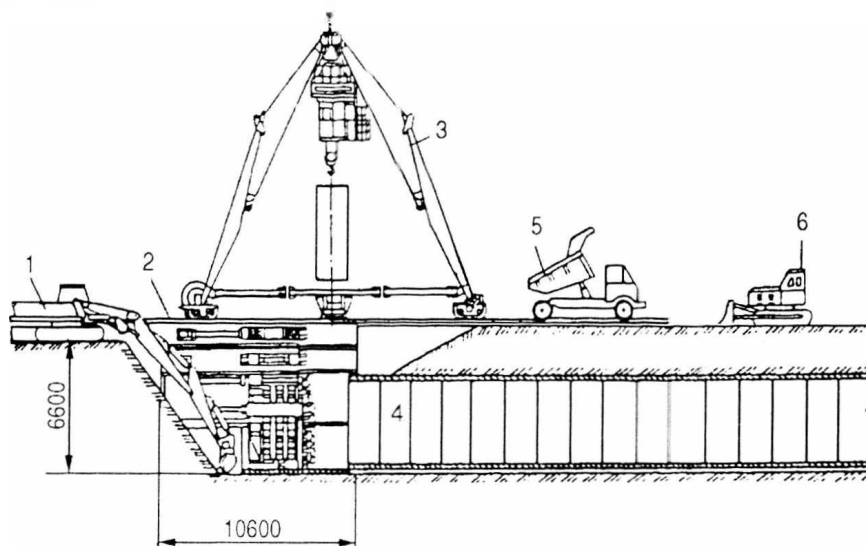
$\mu$  - hệ số ma sát của thân khiên với đất,  $m = 0.4 \div 0.6$ ;

$F_0$  - diện tích lớp đất bị cắt (theo số liệu thực nghiệm);

$q_0$  - sức chống cắt đơn vị của đất (xác định theo số liệu thực nghiệm).

## 2. Công nghệ thi công

Việc thi công bằng khiên hở được tiến hành theo sơ đồ song song. Trước khi bắt đầu thi công cần có mặt bằng thi công, có đường vào thuận lợi để cung cấp các cấu kiện của khiên và các đoạn vỏ hầm. Khiên được tổ hợp trong hố móng hở trong đó đã có tường đỡ để di chuyển khiên.



**Hình 13.14:** Sơ đồ công nghệ thi công hầm bằng khiên hở

1. máy xúc thủy lực; 2. khiên; 3. cần cẩu chân dè; 4. khối vỏ hầm; 5. ô tô tự đổ; 6. máy ủi.

Trình tự đào hầm bằng khiên kiểu KMO2x5 (do Liên Xô cũ chế tạo) được tiến hành như trên sơ đồ (hình 13.14). Đất được đào thành từng bước 1,5m bằng máy xúc thủy lực

kiểu 3O-4121 gầu nghịch, cần dài. Ở đoạn vỏ của đuôi khiên trên mặt nền đã được làm phẳng rải một lớp hỗn hợp khô: cát, xi măng, đá dăm dày 15cm hoặc hỗn hợp bê tông khô (ít nước).

Các khối vỏ hầm dài 1,5m trọng lượng gần 17t được lắp ráp bằng cần cẩu chân dê kiểu côngxon KKTC-20, sức nâng 20t, di chuyển trên đường ray dài 25m đặt dọc hai bên bờ hố móng. Các khối vỏ hầm có phòng nước từ trong xưởng bằng keo chống thấm có phủ một lớp bảo vệ bằng amiăng (fibrôximăng). Các khe nối giữa các đốt được làm kín bằng cách hàn nối phần chờ sẵn của lớp vật liệu chống thấm từ bên trong hầm. Người ta lắp các đốt vỏ hầm đã đặt vào vị trí thiết kế bằng đất đào từ gương hầm ra, san phẳng bằng ủi và làm chặt bằng đầm kiểu ПБК-25. Khiên được di chuyển đi bằng một bước đào và trượt ra khỏi đốt vỏ hầm bằng kích thuỷ lực. Ứng lực này đạt tới 11,5 MN. Việc đào hầm bằng khiên có tiết diện hở có thể đạt tốc độ 200m/tháng. Do phối hợp ở cự ly gần các bước công nghệ: đào đất, lắp đặt vỏ hầm mà chiều dài đoạn công tác không vượt quá 30-35m.

Việc sử dụng khiên cho phương pháp lộ thiên cùng với những ưu điểm đã nêu trên cũng có một loạt nhược điểm: việc đào bằng khiên chỉ tổ hợp với loại vỏ hầm lắp ghép từng đốt nguyên vẹn, chiều dài mỗi đốt lại bị hạn chế bởi bước khiên, (chiều dài di chuyển cần của kích khiên). Ứng lực của kích khiên là khá lớn nên có thể làm hỏng vỏ hầm. Có một số phức tạp nhất định trong việc chuẩn bị dưới các đốt vỏ hầm và khó có thể khắc phục hoàn toàn, điều này liên quan đến việc xây dựng lại các phần hạ tầng ngầm của thành phố.

Khác với loại khiên tiết diện hở dạng khe phai, vì chống di động loại chỉ có hai cánh đỡ tốn thép hơn. Do không có phần giằng mà lực để di chuyển sẽ nhỏ hơn. Vì chống có thể làm việc cùng với loại vỏ hầm lắp ghép dạng từng đốt nguyên vẹn, vỏ lắp ghép bất kỳ hoặc vỏ bê tông toàn khối bề rộng khác nhau. Để làm được việc này có thể rút ngắn hoặc kéo dài, cũng như thay thế hệ giằng cứng của khung chịu lực.

Khi di chuyển vì chống các kích không truyền áp lực lên vỏ. Điều này cho phép giảm nhẹ kết cấu vỏ hầm, nâng cao được tính chống nứt cũng như tính chống thấm của vỏ hầm. Do đó cho phép tăng bề rộng của các cấu kiện lắp ghép của vỏ lên đến 3-4m. Để nén chặt các mối nối giữa các đoạn vỏ hầm trên thân của vì chống có thể đặt thêm các kích phụ.

Vì chống dễ dàng điều khiển trên mặt bằng và trên mặt cắt, có thể làm việc được cả trên đường cong bán kính 400 - 300m. Tất cả các bước công nghệ liên quan đến việc di chuyển vì chống có thể tự động hoá. Ưu điểm của loại vì chống di động loại này là có thể xây dựng các đốt vỏ hầm có độ tin cậy cao.

Việc áp dụng các loại vì chống tự di chuyển có thể sử dụng nhiều lần dẫn đến việc giảm khối lượng công tác đất so với phương pháp hố móng thông thường, giảm những khó khăn trong thi công và nâng cao tiến độ xây dựng. Các loại vì chống tự di chuyển có thể áp dụng trong đất đắp, trong cát, trong đất sét, á sét với độ sâu hố móng đến 10m và

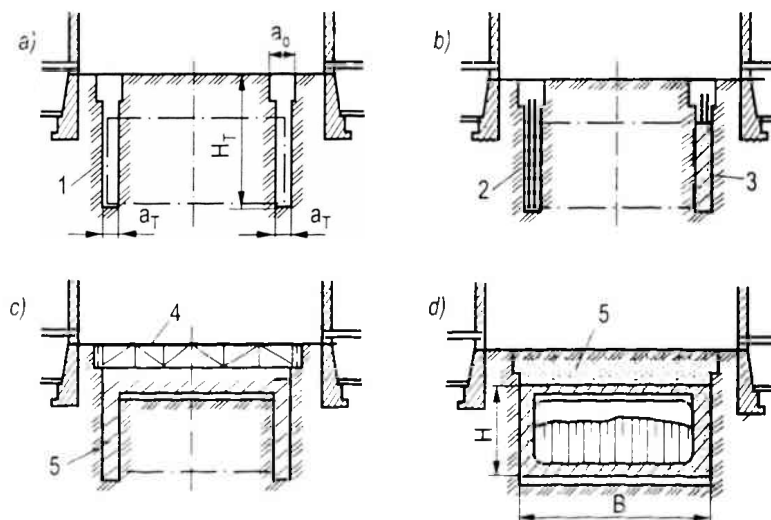
diện tích tiết diện ngang đến  $100\text{m}^2$ . Việc sử dụng hợp lý hơn cả loại vì chống này là ở những nơi mật độ xây dựng chưa dày đặc, số lượng công trình ngầm không cao.

### §3. PHƯƠNG PHÁP ĐÀO HÀO

#### 1. Công nghệ "tường trong đất"

Khi bố trí công trình ngầm đặt nông, gần các công trình nhà cửa cũng như trong điều kiện giao thông thành phố dày đặc có thể áp dụng phương pháp thi công kiểu đào hào.

Trình tự các bước công nghệ của phương pháp này như trên hình 13.15.



*Hình 13.15: Trình tự thi công theo phương pháp đào hào*

1. hào; 2. khung cốt thép; 3. kết cấu bê tông cốt thép; 4. thanh văng; 5. đất đắp trở lại

Đầu tiên ở những chỗ sẽ xây tường của công trình ngầm, người ta đào hào và gia cố nó theo từng bước, rộng 0,6 - 0,8m sâu đến 18 - 20m trong đó sẽ xây dựng kết cấu tường của công trình ngầm.

Sau đó từ mặt đất tiến hành đào hố móng đến cao độ nóc của công trình ngầm rồi đặt tấm trần dạng lắp ghép hoặc bê tông toàn khối đổ tại chỗ tựa lên tường đã xây. Tiếp theo các tấm trần đã xây xong được bảo vệ bằng tầng phòng nước rồi lấp đất trở lại, khôi phục các công trình trên mặt như mặt đường ở trên công trình ngầm. Dưới sự bảo vệ của tường và trần đã xây tiến hành đào đất trong phần lõi, xây tấm đáy và các vách ngăn v.v...

Khi xây dựng các công trình ngầm nhiều nhịp, các tường trung gian cũng có thể xây dựng theo kiểu đào hào còn cột trên cọc được thi công bằng cọc khoan nhồi. Với trình tự công nghệ như vậy cho phép khôi phục nhanh giao thông trên bề mặt. Điều này đặc biệt có ý nghĩa khi xây dựng các công trình ngầm ở những vị trí chật hẹp và dưới những đường phố có mật độ giao thông lớn.

Phương pháp đào hào khác phương pháp hố móng là không đòi hỏi dùng tường cừ, đảm bảo ổn định cho nhà cửa và các công trình bên cạnh.

Phương pháp đào hào xưa nay, áp dụng trong xây dựng hầm là dùng vữa chống gỗ, thường rất khó khăn. Trong những năm gần đây các phương pháp biến tướng của phương pháp đào hào trước đây được áp dụng rộng rãi. Những phương pháp này thường dùng vữa sét để gia cố vách hào. Trọng lượng riêng của vữa sét thường từ  $10,5 - 12 \text{ kN/m}^3$ , là một loại vữa keo của sét montmorillonit đặc trưng bằng độ mịn cao.

Nhũ tương bentonit ở thể lỏng theo thời gian sẽ đông đặc lại (chuyển sang dạng keo). Khi có tác động cơ học nó lại chuyển sang dạng nhũ tương còn khi tĩnh thì ở dạng keo. Do có độ nhớt nhỏ, độ linh động cao nên nhũ tương bentonit xâm nhập vào trong đất, keo hoá vách hào tạo nên một lớp bề mặt mỏng ( $0,5 - 30\text{mm}$ ) dạng vỏ đủ chặt và đủ bền. Việc có vỏ sét như vậy sẽ khắc phục sự thấm dư của vữa sét vào trong đất, giữa các vách thẳng đứng không bị sụt lún khi có tải trọng bề mặt. Vỏ sét là một màng đảm bảo truyền lên đất các áp lực động, tĩnh của nhũ tương bentonit. Để ổn định vách hào cần sao cho áp lực vữa sét vượt áp lực chủ động của đất và nước. Từ điều kiện này tìm trị số trọng lượng riêng yêu cầu của vữa sét. Cần phải nhấn mạnh rằng do giá thành của vữa cao và sét bentonit hiếm nên trong hàng loạt trường hợp người ta sử dụng vữa sét chế tạo từ đất sét dễ tan thông thường có ở địa phương.

Vữa sét được đặc trưng bởi các tính chất của nó không đổi trong suốt quá trình thi công. Nó không làm giảm lực dính bám của cốt thép với bê tông, không trộn lẫn với hỗn hợp bê tông. Điều đó cho phép tiến hành đổ bê tông dưới nước. Để cải thiện tính chất cơ lý của vữa sét trong thành phẩm của nó có chứa một số phụ gia đặc biệt để nâng cao độ nhớt, tăng mật độ của vữa, giảm thời gian tạo keo v.v...

Người ta thả các khung cốt thép vào hào có gia cố bằng vữa sét rồi đổ bê tông tường trực tiếp vào ván khuôn bằng đất, dùng hỗn hợp bê tông để đẩy vữa sét ra.

Công nghệ xây tường như vậy được gọi là "tường trong đất" có thể áp dụng trong loại đất không cứng dạng bất kỳ (kể cả đất rời lẫn đất sét chặt) trừ loại đất bùn chảy, đất có lỗ rỗng lớn hoặc có castơ. Với phương pháp này nước trong đất cần phải ở độ sâu không nhỏ hơn  $1,5\text{m}$  kể từ mặt đất và tốc độ chuyển động của nước ngầm không vượt tốc độ tiêu chuẩn để khỏi rửa mất vữa sét. Phương pháp "tường trong đất" hiệu quả nhất khi chiều sâu hào lớn hơn  $5 - 6\text{m}$  cũng như khi bố trí công trình ngầm gần sát nhà cửa và các công trình khác. Việc sử dụng vữa sét để gia cố vách hào tạo ra khả năng không dùng cọc, cọc cừ hoặc các loại chống gỗ khác.

Với phương pháp này cũng không cần thoát nước hay hạ nước ngầm nhân tạo, giảm khối lượng công tác đất, khắc phục tiếng ồn lớn và chấn động, giảm những khó khăn và tăng tiến độ xây dựng.

Với phương pháp này tường vừa là vữa chống vừa là bộ phận kết cấu của công trình ngầm. Nó được sử dụng để gia cố hố móng thay cho cọc hay cọc cừ. Với phương pháp đào hào khó khăn nhất là bảo vệ công trình ngầm khỏi nước ngầm vì tầng phòng nước ngoài là không thể thi công được. Thay vào đó mặt ngoài về phía đất có một vỏ sét có hệ

số thấm thấp nên tính chống thấm của kết cấu hầm sẽ được nâng cao. Cùng với các tường hào người ta cũng sử dụng các tường giao cắt hoặc tiếp xúc với cọc khoan nhồi.

## 2. Thiết bị đào hào

Để đào hào người ta sử dụng các thiết bị làm đất thông thường hoặc chuyên dụng. Tùy thuộc vào tính chất của đất người ta đào hào bằng các máy khoan cắt hoặc các tổ hợp khoan, các máy đào một gầu hay nhiều gầu.

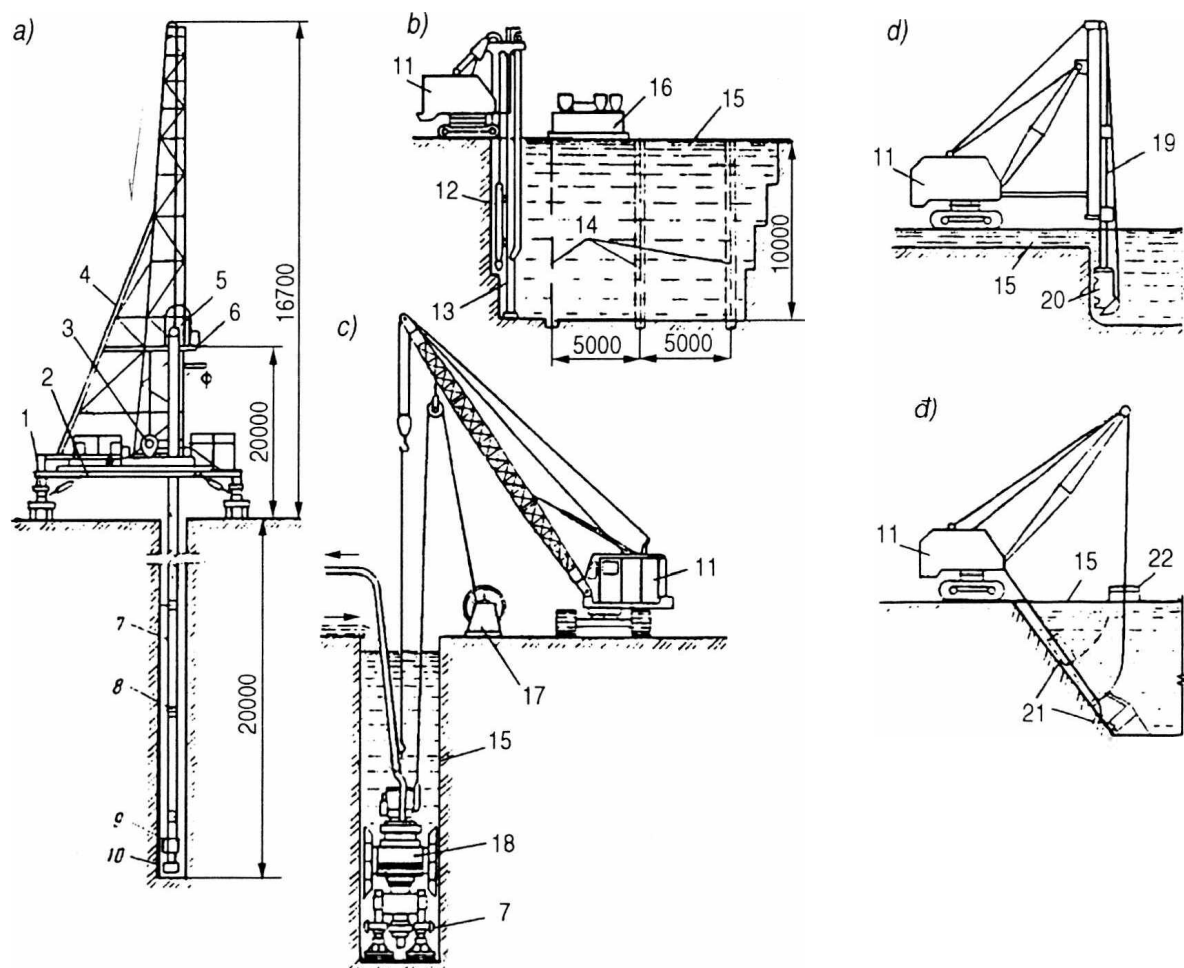
*Các máy khoan hoặc khoan cắt:* dùng chủ yếu trong các loại đất nặng khó đào. Trong thực tế xây dựng ở Liên Xô (cũ) người ta dùng chủ yếu máy đào hào cơ khí thủy lực và tổ hợp CBД-500. Máy đào tự hành chủ yếu dùng để đào hào rộng 0,6 - 0,8m, sâu 15 - 20m trong đất không cứng. Máy gồm một giá cao 16,7m gắn lên khung có sàn tự đi để di chuyển dọc hào (hình 13.16a). Khi đào hào cong trên mặt bằng thì một bên giữ cố định còn bên kia đi (di chuyển) để đảm bảo tổ hợp xoay được trên đường cong.

Do các chuyển động xoay và chuyển động tịnh tiến ngược lại của ống thẳng đứng cùng với các lưỡi cắt mà xảy ra việc cắt đất. Sau một lần đi sẽ bóc một lớp dày đến 3cm. Đất đào ra được trộn vào vữa sét và được đưa lên bằng đầu hút. Tốc độ đào hào khoảng 0,6 - 2m/h còn năng suất đào hào 7 - 8m<sup>3</sup>/h. Toàn bộ các quá trình chính: đào, lấy đất lên, di chuyển máy đào đều được cơ giới hoá.

Cùng loại với máy đào kiểu này nhưng gắn trên bánh xích do Liên Xô cũ chế tạo như Д-505 hoặc Д-652 (hình 13.16b). Thay cho cần người ta dùng một kết cấu thép dạng khung gồm các dầm và hai ống thép. Dụng cụ khoan là đầu khoan điện ba cánh cho đất mềm và đầu khoan xoay cầu cho đất cứng, dịch chuyển theo hướng gắn trên dầm, bóc từng lớp đất 25 - 30cm trên toàn chiều sâu của hào. Đất đào ra cùng với vữa sét được đưa lên bằng đầu hút, năng suất 300 - 600m<sup>3</sup>/h. Tổ hợp CBД-500 có thể đào hào rộng 0,5m sâu 20m, tốc độ 0,5 - 2m hào trong 1 giờ.

Người ta cũng chế tạo ra tổ hợp CBД-500P dùng để đào hào rộng 0,5 - 0,6m sâu đến 50m. Tổ hợp này lắp trên một sàn chạy trên ray để đảm bảo đào các hào thẳng và thẳng đứng.

Khi xây dựng các hầm giao thông trên vành đai B ở Matxcova người ta dùng tổ hợp dạng BW do hãng "Tone Boring" của Nhật chế tạo có sử dụng động cơ điện để xoay bộ phận làm việc hạ vào trong hào. Máy gồm một đầu khoan điện có đầu mũi khoan và lưỡi cắt có thể gắn vào một tháp cao chuyên dụng hoặc dùng cầu xích (hình 13.16c). Tổ hợp loại này đào hào rộng 0,6m, chiều sâu lớn hơn 60m. Đào tuần tự hoặc từng đợt dài đến 15m không phải nâng hạ bộ phận làm việc nhiều lần, giảm chấn động lên vách hào. Việc đưa đất lên bề mặt bằng bơm hoặc đầu hút. Thiết bị khoan đảm bảo năng suất cao và độ chính xác của hào. Tuy nhiên sử dụng chúng chỉ hợp lý trong các loại đất khó đào và khối lượng lớn. Loại máy này có giá thành cao, tốn điện năng, thi công phức tạp và thường xuyên phải làm sạch vữa sét v.v...



**Hình 13.16:** Sơ đồ tổ hợp khoan cắt (a-c), máy xúc cần (d), máy đào hào (đ)

1. gối bước được; 2. khung; 3. tời; 4. thân tháp xiên; 5. tời rút; 6. trụ quay;  
 7. bộ phận công tác; 8. khớp nối; 9. đoạn dẫu; 10. dẫu cắt; 11. máy xúc - cần;  
 12. đầu khoan xoay cầu; 13. cột có đầu hút; 14. vị trí đặt cọc; 15. vữa sét;  
 16. thiết bị sàng thủy lực; 17. tang cáp; 18. động cơ điện hạ được xuống nước;  
 19. tay máy; 20. gầu hút; 21. gầu dây; 22. thiết bị định hướng

Trong các loại đất mềm người ta dùng máy xúc kiểu gầu trên cơ sở máy xúc thông thường. Gầu được di chuyển trên cần kiểu "tay máy" (hình 13.16d). Máy đào hào kiểu gầu dây có cần ngắn hơn đào đất với gương dốc gần  $60 - 70^\circ$  (hình 13.16đ). Ở Liên Xô (cũ) người ta dùng các máy xúc cần ИИС-600 và ИИЭ-800 có gầu dung tích  $0,6 - 1,8\text{m}^3$  để đào hào rộng  $0,6$  và  $0,8\text{m}$  sâu  $12 - 18\text{m}$  và máy đào hào kiểu gầu dây ТД-600 và ТД-1100 có gầu dung tích  $0,6 - 1,2\text{m}^3$  để đào hào rộng  $0,6 - 1,1\text{m}$  sâu  $12 - 16\text{m}$ .

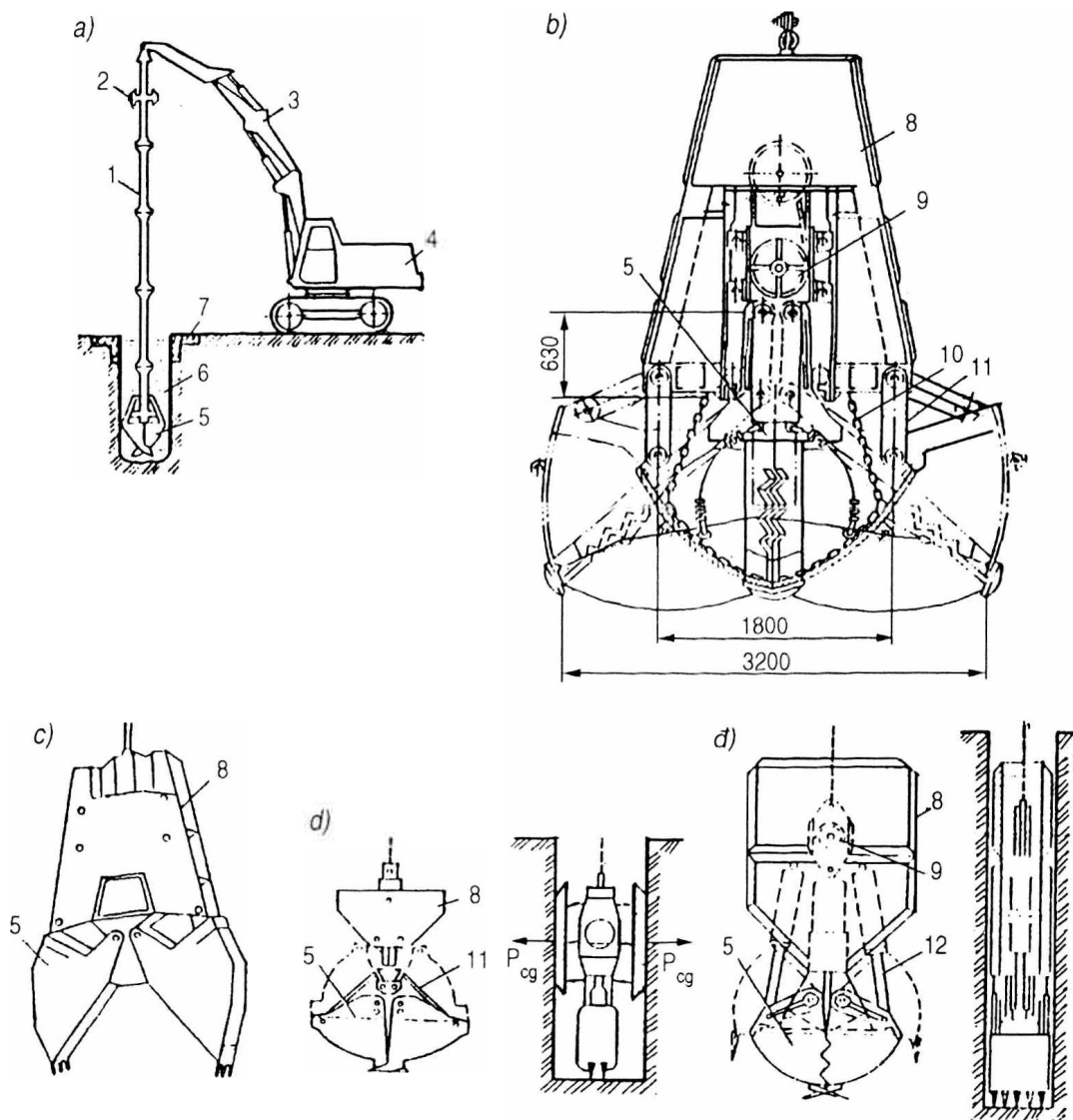
Thường dùng hơn cả để đào hào trong đất mềm là máy đào kiểu gầu ngoạm.

Gầu ngoạm có thể treo tự do trên cáp, gắn trên cần đảm bảo kích thước hào mong muốn và vách đứng (hình 13.17a).

Sử dụng rộng rãi hơn cả là loại máy đào gầu ngoạm kiểu gầu hai ngăn và máy đào mà trong gầu có gắn bộ phận (kiểu mũi khoan) để làm tơi đất, cũng như máy đào gầu



ngoạm có ống định hướng. Ví dụ ở Liên Xô cũ khi đào hào rộng 0,6m và sâu 15 - 18m người ta sử dụng gầu ngoạm phẳng loại ППН của Viện thiết kế móng (hình 13.17b, c) treo trên cầu D-1254. Gầu ngoạm có dung tích 0,6m<sup>3</sup> bề rộng gầu ở vị trí răng gầu là 3,2m trọng lượng 5,1t. Cần phải chỉ ra rằng khi sử dụng loại gầu ngoạm này đòi hỏi phải có lỗ khoan định hướng bước 3,2m, điều đó làm phức tạp quá trình thi công. Để khắc phục nhược điểm này ở Liên Xô cũ người ta đã sản xuất loại gầu ngoạm có khả năng đào một đoạn hào dài như ИИГ-700 và ИИГ-100 có khung định hướng dùng để đào hào rộng 0,5 - 0,7 và 1,0m sâu đến 30m.



**Hình 13.17:** Các sơ đồ thiết bị gầu ngoạm (a) và bộ phận ngoạm (b-d)

1. cần co dãn được; 2. thiết bị định hướng; 3. cần tổ hợp; 4. máy xúc;
5. gầu ngoạm; 6. vữa sét; 7. tường chống hào nhỏ; 8. khung; 9. khối chèn nút;
10. thiết bị chống trôi; 11. thiết bị treo; 12. kích đóng gầu

Trong những năm gần đây người ta sử dụng loại gầu ngoạm tự điều khiển có bộ phận định hướng hai bên tựa lên vách hào trong thời gian gầu ngoạm đóng hầm. Ví dụ ở Liên Xô cũ người ta đã sử dụng loại ГГФ-600 và ГГФ-400 (hình 13.17d, đ). Người ta cũng dùng loại gầu ngoạm có bộ phận rung có ống chứa đất, loại gầu ngoạm điện và thủy lực dung tích gầu 1,0 và 1,35m<sup>3</sup> như kiểu gầu ПБ-500 hoặc ТБ-1 do Liên Xô cũ chế tạo. Các loại gầu này thường gắn trên máy xúc bánh xích chuyên dụng, ở Liên Xô cũ là loại ЭО-5122.

Khi đào hào có dùng vữa sét người ta sử dụng rộng rãi loại thiết bị tổng hợp gắn trên máy xúc kiểu "Poklen". Gầu ngoạm thủy lực rộng 0,5, 0,6, 0,7 và 0,8m có gắn trên cần bình thường đảm bảo chiều sâu đào h đến 8,25m, trên cần dài h có thể đến 16,1m, hoặc trên dàn co dẫn được h = 30m (hình 13.17a).

### 3. Công tác đào hào

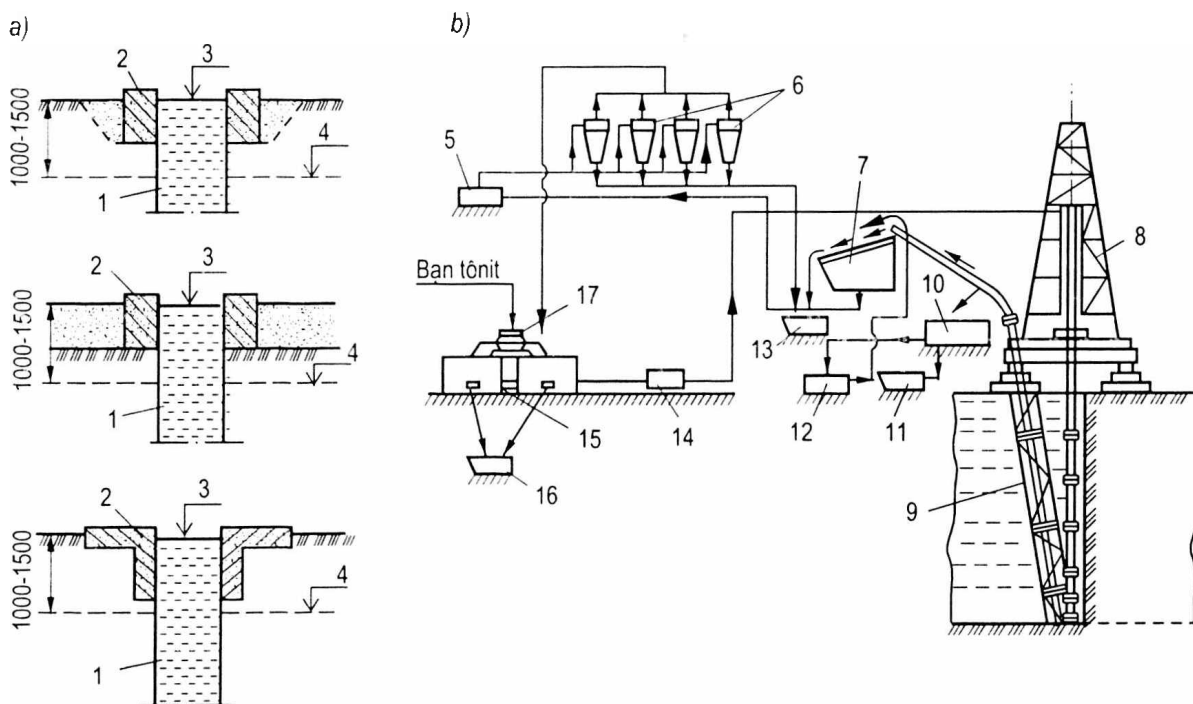
Các công việc thi công bằng phương pháp đào hào được tiến hành đồng thời trên một số khu vực. Kích thước, vị trí mỗi đoạn được xác định chủ yếu bởi đặc trưng của mặt độ xây dựng và giao thông trên mặt đất. Sau khi kết thúc tất cả các công tác chuẩn bị thì chuyển sang đào hào rộng 0,5 - 0,8m sâu đến 20 - 25m.

Phương pháp đào hào phụ thuộc vào kích thước và hình dạng của hào trên mặt bằng cũng như tính chất của nền đất, vị trí mực nước ngầm v.v... Thường xuyên hơn cả là đào hào trên từng đốt 3-6m và cách nhau một đốt. Đốt còn lại đóng vai trò trụ đất giữa hai đốt. Đốt này đào sau khi đã đổ bê tông hai đốt bên cạnh. Chiều dài mỗi đốt hạn chế bởi tốc độ đổ bê tông có thể thực hiện được, thường thì không nên vượt quá 5 - 6m. Tuy nhiên trong một số trường hợp hào được đào với đốt có chiều dài lớn đến 25 - 30m. Khi đó một phần đất đào bằng thiết bị khoan, phần còn lại bằng gầu ngoạm. Trong mỗi đốt lại chia thành các khối, chiều dài mỗi khối bằng hai lần đường kính lỗ khoan và hai lần vách ngăn. Cũng có thể đào hào liên tục trên suốt chiều dài công trình ngầm. Không phụ thuộc vào công nghệ đào hào, tường của công trình ngầm được đổ bê tông thành từng đốt ngăn cách bằng chi tiết chặn chuyên dụng. Việc phân đốt như thế nào đó để giảm các mối nối thẳng đứng, tạo điều kiện nâng cao mức chống thấm của công trình đặc biệt là kết cấu vách.

Khi đào hào thì bắt đầu bằng việc đào theo chu vi công trình một hào nhỏ rộng 1m sâu 1,5m gia cố hai vách bằng các tấm bê tông hoặc bê tông cốt thép, nối với nhau bằng cách đổ bê tông tại chỗ bao các cốt thép chờ đã hàn với nhau (hình 13.18a). Thường gia cố vách hào nhỏ bằng các khối bê tông cốt thép tiết diện chữ L cao 0,6 - 1,5m để có thể đưa vào thành bộ phận của kết cấu tường của công trình ngầm. Các tấm hoặc các khối này là để định hướng cho bộ phận làm việc của các tổ hợp máy làm đất và ngăn ngừa quá trình thấm vữa sét trong lớp đất trên mặt có độ rỗng lớn hơn.

Khi vị trí mực nước ngầm có chiều sâu không lớn kể từ mặt đất thì người ta tạo các tường ngăn bằng bê tông toàn khối hoặc lắp ghép dày 0,2 - 0,3m, bề rộng của tường ngăn cần vượt bề rộng hào 10 - 15cm. Việc xây tường ngăn là để đảm bảo vị trí bề mặt của vữa sét cao hơn mực nước ngầm 1-1,5m. Không phụ thuộc vào loại máy làm đất được sử

dụng, theo mức độ đào đất trong hào người ta cấp vữa sét để giữ vách hào. Vữa sét được chế tạo tại chỗ trên công trường hoặc ở xưởng.



**Hình 13.18:** Tường chống hào dẫn (a) và sơ đồ chu trình bơm, làm sạch vữa sét (b)

1. hào; 2. tường chống; 3. mực vữa sét; 4. mực nước ngầm; 5, 12, 14. các bơm;  
6. Sàng thủy lực li tâm; 7. sàng rung; 8. máy đào hào cơ giới thủy lực;  
9. đường ống hút; 10. thùng chứa mạt trung gian;  
11, 13, 16. thùng chứa mạt; 15. thùng chứa vữa sét; 17. thùng trộn vữa sét.

Từ xưởng vữa được cấp ra công trường bằng ô tô téc. Nếu được trộn đều theo chu kỳ nhất định vữa sét có thể bảo quản trong thời gian tùy ý.

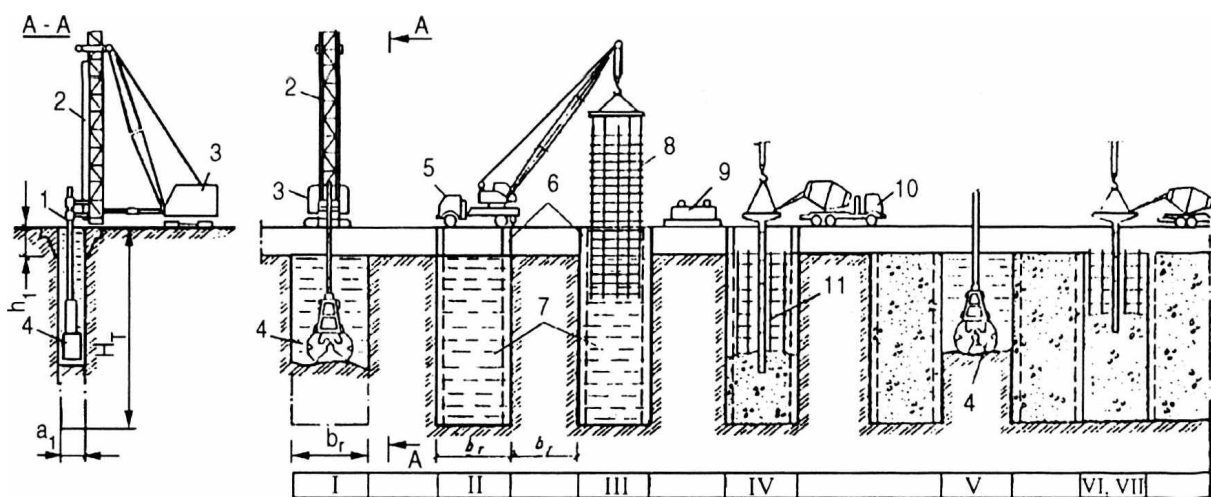
Vữa sét đã chế sẵn được chứa trong các thùng rồi theo đường ống đường kính 75 - 100mm hoặc qua ống cao su mềm bơm vào hào bằng các bơm bùn (ở Liên Xô cũ thường dùng loại bơm III-200, HГП-250/50, 9MГP và 11ГP).

Trong quá trình đào hào một phần vữa sét bị mất do xâm nhập vào trong đất, do đó vữa sẽ được bơm vào hào liên tục để giữ vữa trong hào ở mức cần thiết. Đất đào lên trộn lẫn vữa sét được tách ra và làm sạch. Việc làm sạch vữa sét được tiến hành trên thiết bị tách mạt hay thiết bị sàng. Để điều chỉnh độ đậm đặc của vữa người ta bổ sung vào vữa nước hoặc bentônít. Đôi khi để trung tính hoá tác dụng của các hạt ximăng người ta đưa vào xôđa. Vữa sét đã làm sạch lại đưa vào thùng rồi một lần nữa đưa vào hào. Sơ đồ quay vòng và làm sạch vữa sét như trên hình 13.18b.

Sau khi đào xong một đoạn hào đến cao độ thiết kế, người ta kiểm tra kích thước khoang hào, tính chất của vữa sét và làm sạch đáy hào. Độ thẳng đứng của vách hào kiểm tra bằng dọi. Trong một số trường hợp vữa sét bán người ta phải thay bằng vữa sạch.

#### 4. Xây dựng kết cấu

Trong phạm vi dốt hào đã đào xong người ta tiến hành đổ bê tông tường của công trình ngầm (hình 13.19) hoặc hạ kết cấu đúc sẵn. Sau khi đào xong hào người ta đặt vào hào các khung cốt thép, bề rộng của khung nhỏ hơn bề rộng hào 10 - 12cm để đảm bảo lớp bê tông bảo vệ. Khung cốt thép thường là khung hàn, trong đó có những chi tiết làm cứng. Để đảm bảo vị trí chính xác của khung cốt thép ở trong hào người ta thường hàn vào bên cạnh khung cốt thép các chi tiết định vị. Trong phần trên của khung có gia cố các vách ngang để khung tựa được lên đất, còn phần dưới có các hộp để chứa hốc nối tường với đáy và các vách phân tầng. Trong khung cốt thép phải bố trí trước các khe để luôn ống dẫn bê tông và đặt sẵn các chi tiết cho các neo đất. Để đảm bảo độ bằng phẳng của mặt trong công trình ngầm trên các khung cốt thép hạ vào hào đôi khi người ta đặt sẵn các tấm pôlime. Trước khi hạ khung cốt thép vào hào khung cốt thép phải được kiểm tra kỹ lưỡng. Thường thì các khung được đặt ngay trước khi đổ bê tông để bảo đảm các hạt sét không lắng kết trên mặt cốt thép, đảm bảo độ dính bám giữa cốt thép và bê tông. Mặc dầu thực tế thì vữa sét không ôxyt hoá cốt thép, nhưng nếu kéo dài khoảng thời gian giữa các công đoạn lắp dựng khung cốt thép và đổ bê tông (lớn hơn một ngày) sẽ có ảnh hưởng bất lợi đến kết cấu tường. Sau khi đặt khung cốt thép tiến hành đổ bê tông dốt tường đến mặt dưới trần của công trình ngầm.

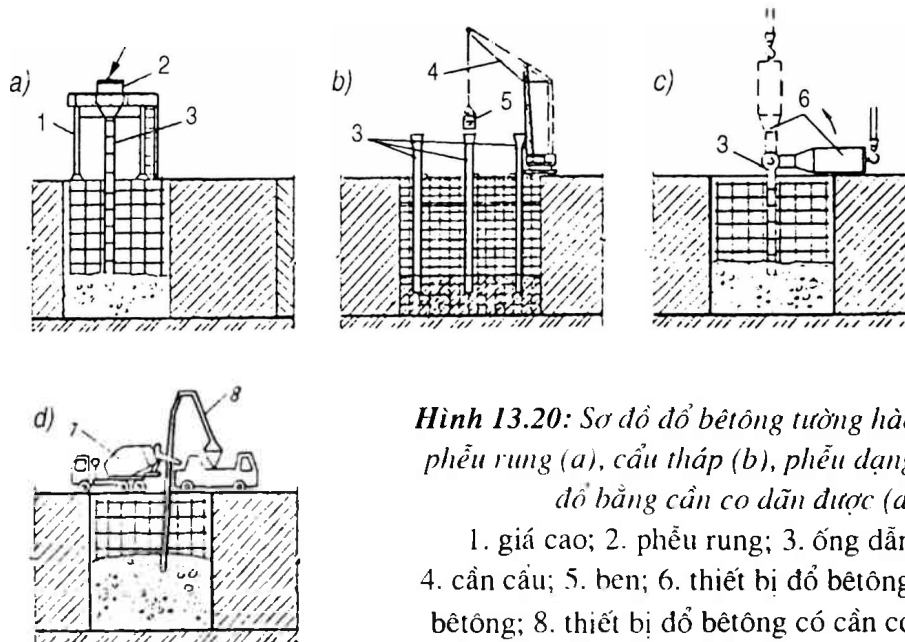


**Hình 13.19:** Sơ đồ công nghệ xây dựng tường công trình ngầm trong hào chứa vữa sét

I. đào đất trong vữa sét; II. hạ vách ngăn; III. đặt khung cốt thép; IV. đổ bê tông tường và rút vách ngăn; V. đào lõi đất; VI. đặt khung cốt thép; VII. đổ bê tông tường; 1. cần giữ; 2. cột giữ; 3. cầu tự hành; 4. gầu ngoạm; 5. cầu; 6. vách ngăn; 7. vữa sét; 8. khung cốt thép; 9. thiết bị lắng; 10. xe chở bê tông; 11. ống dẫn bê tông

Công nghệ đổ bê tông giống như đổ bê tông dưới nước có sử dụng ống di chuyển thẳng đứng. Hỗn hợp bê tông mác không nhỏ hơn M200 cần đủ linh động và đủ dẻo, có độ sụt tiêu chuẩn 16 - 20cm, độ lớn cốt liệu đến 50mm. Tỷ lệ nước -ximăng không được lớn hơn 0,6 và thời gian ninh kết không nhỏ hơn 2 giờ. Chở bê tông đến công trường rồi đổ

vào hào qua phễu, qua ống thẳng đứng đặt giữa các lưới của khung cốt thép. Thường dùng ống thép đường kính 219 - 300mm có vách dày 8 - 10mm lắp từ các khâu dài 1 - 1,5m nối với nhau bằng các khớp tháo nhanh. Đầu dưới ống luôn ngập trong hỗn hợp bê tông là 1 - 1,5m. Để đề phòng tắc hỗn hợp bê tông ở trong ống trên phễu có gắn đầm rung. Phễu tiếp nhận bê tông đặt trên giá cao và có khả năng dịch chuyển theo phương thẳng đứng theo cột của giá (hình 13.20a). Đôi khi trên một đoạn hào được đổ bê tông bằng nhiều ống (hình 13.20b).



**Hình 13.20:** Sơ đồ đổ bê tông tường hào có sử dụng phễu rung (a), cầu tháp (b), phễu dạng gầu (c) và đổ bằng cần co dãn được (d)

1. giá cao; 2. phễu rung; 3. ống dẫn bê tông;
4. cần cẩu; 5. ben; 6. thiết bị đổ bê tông; 7. ô tô chở bê tông; 8. thiết bị đổ bê tông có cần co dãn được.

Để cấp bê tông vào hào sâu  $\leq 20\text{m}$  cùng với phễu có gắn đầm, người ta còn dùng thiết bị cô bê tông công suất 12 - 20m<sup>3</sup>/h (hình 13.20c). Thiết bị cô bê tông gồm một phễu dạng gầu, một hệ thống ống có khả năng co ngắn hoặc kéo dài được, van và tời hoặc cầu để nâng hạ gầu. Gầu đặt vào vị trí thẳng đứng, bằng cách quay đi 90°, lúc đó bê tông bắt đầu dịch chuyển theo ống. Khi đổ bê tông bằng phương pháp đổ bê tông dưới nước, trong quá trình đổ bê tông phễu hoặc gầu cùng với ống dẫn bê tông được rút lên từ từ sao cho đầu ống lúc nào cũng ngập sâu trong hỗn hợp bê tông, đồng thời tháo dần các khâu cho ống ngắn lại. Việc đổ bê tông phải liên tục. Thời gian dừng cho phép không được lớn hơn 2 - 3 giờ.

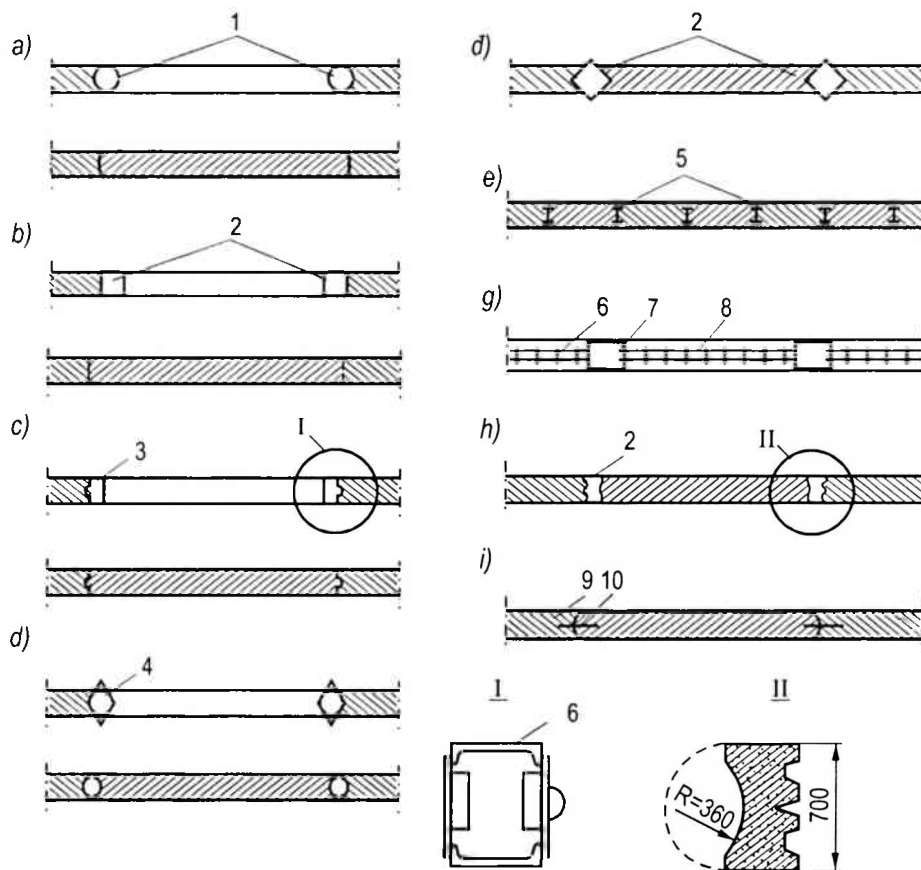
Công nghệ đổ bê tông sử dụng phễu rung và thiết bị đổ bê tông có khả năng co ngắn và kéo dài có nhược điểm liên quan đến tính chu kỳ của công tác đổ bê tông, sự cần thiết phải tháo, lắp ống bê tông và đòi hỏi phải có bê tông rót (bê tông không đầm) cũng như phải tăng lượng xi măng. Ngày nay đã có những bơm bê tông hoạt động liên tục và người ta cũng đã tạo ra những cần co dãn được cho phép đổ bê tông đến những điểm bất kỳ trong vách của công trình ngầm (hình 13.20d). Với sơ đồ này hỗn hợp bê tông được đổ từ dưới lên với phương pháp đổ có áp. Điều đó cho phép làm tăng độ chặt của bê tông cũng như tăng độ bền và tính chống thấm của kết cấu. Vữa sét bị hỗn hợp bê tông đẩy ra ngoài chảy theo đáy

hào hoặc qua ống vào thiết bị lắng và sau khi làm sạch sẽ chảy vào đoạn hào tiếp theo. Sau khi đổ bê tông, lớp trên dày 30 - 40cm bị bắn bởi mặt và vữa sét sẽ được đục bỏ đi.

Các đoạn riêng rẽ của tường kiểu hào được đổ bê tông trong các bước khác nhau cần phải được nối liền với nhau. Phần chuyển tiếp có thể là cứng có thể là mềm tùy thuộc vào đặc điểm cấu trúc của công trình ngầm. Thường sử dụng một kết cấu ngăn đặc biệt được đặt vào các đầu khối đổ trước khi đổ bê tông và ăn sâu vào trong đất. Ngoài tác dụng đảm bảo sự cùng làm việc của các đoạn liên kế nhau chúng cần phải ngăn không để hỗn hợp bê tông từ khối này rơi sang khối khác và hạn chế tính thấm nước của mối nối.

Tấm ngăn có thể rút ra khỏi khối đổ hoặc bỏ lại trong kết cấu tường của công trình ngầm. Khi chiều sâu hào nhỏ hơn hoặc bằng 12m người ta sử dụng tấm ngăn rút đi ở dạng ống thép hay ống bê tông cốt thép (hình 13.21a) hoặc dầm có tiết diện ngang chữ nhật (hình 13.21b) hoặc elip.

Thường dùng hơn cả là mối nối trụ đảm bảo chuyển tiếp đều đặn giữa các khối tường lân cận. Người ta sử dụng tấm ngăn thép rút đi được ở dạng tiết diện kín từ thép U có bản nối từ thép lá. Tuy nhiên, để tạo rãnh nối dạng bán trụ cần hàn vào đó một nửa ống (hình 13.21c).



**Hình 13.21:** Mối tường có sử dụng vách ngăn rút được (a-d) và không rút được (d-i)

1. ống; 2. dầm bê tông cốt thép; 3. dầm thép; 4. ống và sắt góc; 5. thép I;  
6. thép [ ; 7. mặt bích; 8. khung cốt thép; 9. dải chất dẻo; 10. thép thanh

Loại mối nối rung dạng cọc nhồi cũng được sử dụng rộng rãi (hình 13.12d). Mỗi mối nối này được xây dựng như sau: một ống thép chế sẵn có hàn thêm các sườn dọc trên mặt ngoài và mặt bích ở phần dưới được thả vào trong hào. Sau khi đổ bê tông các đoạn tường ở đợt hai ống được tách ra khỏi bê tông rồi được để lại ở đó một thời gian nhất định. Sau khi bê tông đã đổ đạt 50 - 60% độ bền thiết kế, người ta luồn ống bê tông vào ống phân cách và đổ bê tông mác 200 - 300, đợt sụt 5 - 6cm. Trong quá trình đổ bê tông ống phân cách được rút lên bằng búa rung, còn giữa các đoạn tường tạo thành một mối nối chặt ở dạng như cọc nhồi.

Để làm cách vách ngăn không rút bỏ đi người ta dùng các dầm bê tông, cốt thép tiết diện chữ nhật (hình 13.21d) hoặc dầm thép tiết diện I chiều cao bằng bề rộng hào (hình 13.21e). Những dầm này được đặt thẳng đứng cách nhau 1,2 - 1,5m và đóng vai trò cốt cứng tính vào cho khung cốt thép cần đặt. Mỗi mối của các phần tường cũng có thể thực hiện bằng cách dùng các sườn thép phẳng hàn vào đầu khung cốt thép (hình 13.21g).

Trên các công trường của nhiều công trình ngầm ở Matxcova người ta dùng vách ngăn bê tông cốt thép dài 9m rộng 0,68m, dày 0,3m, trọng lượng 3,95t (hình 13.21h). Người ta cũng sử dụng các tấm ngăn có gắn một lớp màng tổng hợp trên mặt thẳng đứng dày 2 - 4mm rộng 20 - 25cm (hình 13.21i). Các dải chất dẻo này được gia cố bằng các thanh thép đường kính 10 - 12mm, đảm bảo cho chúng liên kết chắc chắn với các cốt riêng rẽ của tường bê tông.

Người ta cố gắng tạo các mối nối cứng giữa các đốt tường bằng cách đặt vách ngăn của các khung cốt thép kế nhau. Mỗi mối này có thể chịu nén, kéo, uốn, cắt và đảm bảo cùng làm việc giữa các đốt tường liên nhau.

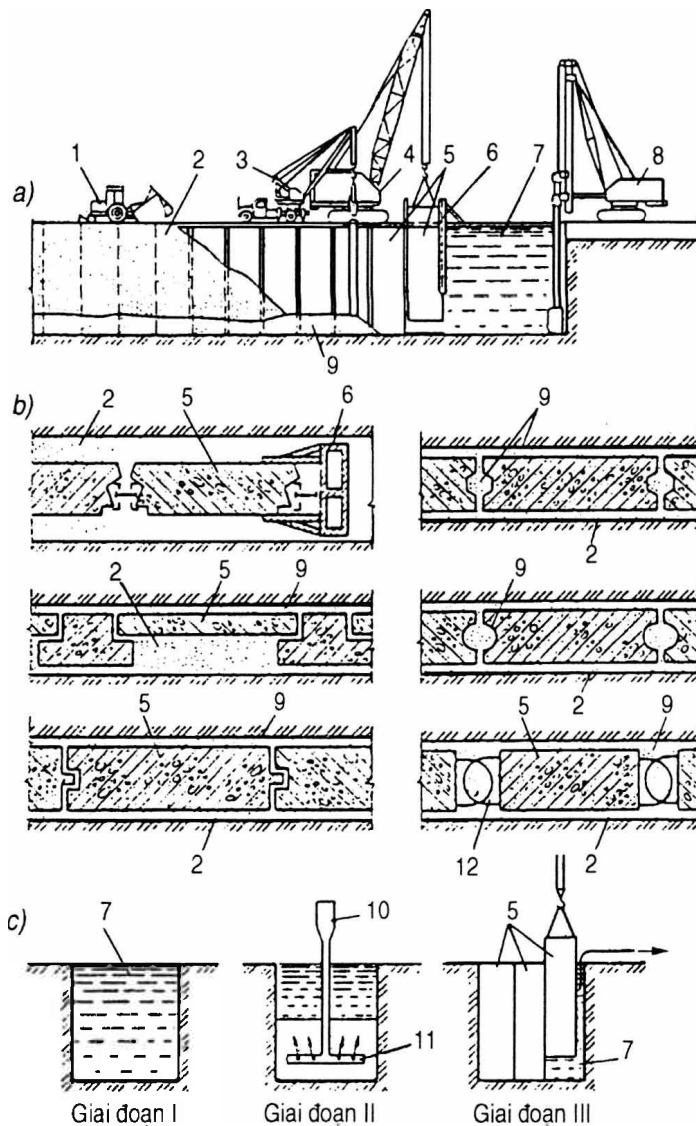
Việc xây tường của công trình ngầm từ bê tông cốt thép toàn khối cần phải thực hiện những bước công nghệ khó khăn. Do đó không phải bao giờ cũng đạt được chất lượng cao của các kết cấu tường và các đốt tường nối với nhau không phải bao giờ cũng chắc chắn, đủ tin cậy. Ngoài ra tốc độ xây tường trong hào thường không cao. Để nâng cao mức độ công nghiệp hoá xây dựng với việc áp dụng công nghệ "tường trong đất" trong những năm gần đây người ta bắt đầu áp dụng kết cấu panen đúc sẵn hạ vào trong vữa sét.

Việc áp dụng công nghệ "Tường lắp ghép trong đất" tạo điều kiện giảm bớt khối lượng công tác đất, giảm chi phí bê tông cốt thép, giảm thời hạn và giá thành xây dựng. Tùy thuộc vào sức nâng của thiết bị cẩu lắp người ta áp dụng các loại panen nặng, dày 0,3 - 0,5m, dài 10 - 15m và trọng lượng đến 20 - 30t, mỗi nối chỉ có theo phương dọc. Người ta cũng dùng các loại panen nhẹ trọng lượng 5 - 6t, mỗi nối không chỉ theo phương dọc mà cả theo phương ngang trên chiều cao tường. Cũng có thể dùng kết cấu liên hợp từ kết cấu toàn khối ở phía dưới, lắp ghép ở phía trên của hào.

Hiện nay, có những công nghệ khác nhau để xây dựng lắp ghép trong đất. Khác nhau chủ yếu là việc gia cố tường trong hào. Ở Liên Xô (cũ) người ta đưa ra công nghệ gia cố tường trong hào bằng cách đổ bê tông khe hở giữa chúng và khe hở giữa tường và hào đến chiều cao 1m; tiếp theo sau người ta lấp đầy bằng vữa xi măng ở mặt trong, và cát ở

mặt ngoài (hình 13.22a). Ở nước ngoài người ta còn áp dụng công nghệ gia cố tấm panen tường bằng vữa xi măng bêtônít đông cứng chậm (độ bền nhỏ hơn 5 MPa) ép vào rãnh giữa các panen cũng như giữa vách hào và panen sau khi đặt và liên kết để chúng ổn định. Trong thành phần của vữa xi măng đông kết chậm có bentonít, cát và chất làm chậm ninh kết xi măng.

Trong nhiều trường hợp người ta đào đoạn hào dài hơn 2 - 3 lần bề rộng tấm panen 20 - 25cm (hình 13.22c) rồi ép vào trong hào chứa vữa sét, vữa xi măng sét hoặc vữa xi măng cát với khối lượng bằng hiệu thể tích đoạn hào và thể tích 2-3 tấm panen sẽ đặt vào đoạn hào. Để cấp vữa xi măng cát vào hào người ta hạ một ống thép đường kính 10cm chiều dài nhỏ hơn chiều sâu hào 0,5 - 1,0m. Đầu trên có gắn phễu, đầu dưới là một ống có đục lỗ. Vữa xi măng có trọng lượng lớn hơn trọng lượng vữa sét nên sau khi ra khỏi lỗ sẽ chiếm phần dưới của hào. Tiếp theo đặt hai hay ba tấm panen. Vữa sét sẽ tràn hoàn toàn ra khỏi hào, vữa xi măng sẽ lấp đầy khe hở giữa panen và các lỗ trống còn lại.



**Hình 13.22:** Sơ đồ xây tường từ panen bê tông cốt thép lắp ghép (a-c) và các dạng panen nổi

1. máy đào;
2. hỗn hợp cát;
3. cầu bánh hơi;
4. cầu bánh xích;
5. panen bê tông cốt thép;
6. khung định vị;
7. một đoạn hào chứa đầy vữa sét;
8. máy đào dạng cần;
9. vữa xi măng;
10. phễu;
11. ống có đục lỗ;
12. thép chờ

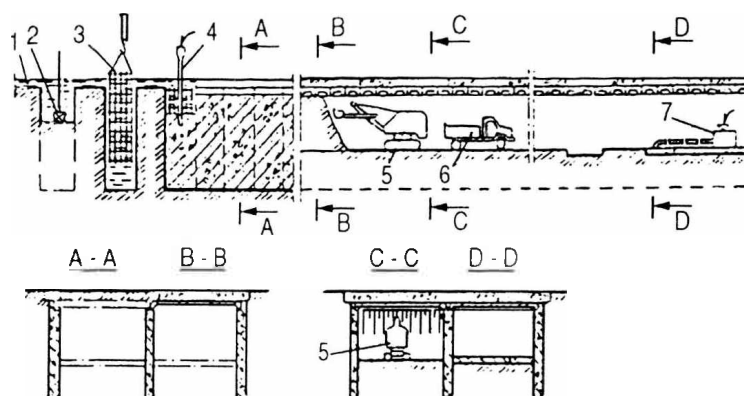


Các tấm panen được hạ vào hào nhờ một khung định vị. Trước khi cấp vữa xi măng bentônít có độ bền xác định các tấm panen được giữ trên vách định vị của hào nhỏ. Khe hở mặt ngoài giữa vách hào và panen được chèn bằng vữa xi măng cát, còn khe hở trong lấp bằng cát, đá dăm hay sỏi (hình 13.22b). Trong trường hợp này các mối nối thẳng đứng giữa các panen được nối khô trong quá trình đào đất giữa các vách hào. Cần phải nhấn mạnh là việc áp dụng các panen bê tông cốt thép lắp ghép cho phép loại trừ những công việc khó khăn trong việc đổ và làm chặt bê tông, nâng cao tiến độ thi công và đảm bảo chất lượng cao của các kết cấu ngầm. Tuy nhiên, cũng sẽ phát sinh những khó khăn riêng như việc chèn cẩn thận các khoảng trống.

Sau khi kết thúc việc xây các tường hào người ta phải tiến hành đo đạc kiểm tra vị trí trục của tường, xác định kích thước của chúng và lập bản vẽ hoàn công. Đôi khi còn kiểm tra chất lượng mối nối tường trong đất bằng phương pháp siêu âm. Khi đào lõi đất người ta đo độ sai lệch của tường khỏi phương thẳng đứng theo chiều cao. Tang của góc nghiêng tường so với vị trí thẳng đứng được thiết kế không được lớn hơn 0,01. Độ sai lệch về chiều dày không được vượt quá +50 hoặc -20mm đối với tường toàn khối,  $\pm 20$ mm đối với kết cấu lắp ghép. Độ sai lệch tối đa cho phép theo chiều cao tường là  $\pm 50$ mm.

Sau khi xây xong tường hào đến đáy tấm trần của công trình ngầm, người ta đào hố móng có mái dốc hoặc gia cố tạm bằng cọc hoặc cọc cừ. Đáy của hố móng được làm phẳng theo cao độ thiết kế và phủ một lớp đá dăm, sỏi hoặc bê tông. Sau đó trong nhiều trường hợp trên đỉnh tường hoặc cọc khoan nhồi người ta đổ bê tông xà dọc liên kết để gác tấm trần.

Người ta thường đổ bê tông kết cấu trần toàn khối trực tiếp trên đất hoặc lắp các tấm trần lắp ghép bằng cần cẩu lớp hoặc cầu xích. Tấm trần lắp xong thì thi công lớp phòng nước ở bên trên và lấp đất trở lại, khôi phục mặt đường trên mặt, sau đó chuyển sang đào lõi đất. Thường đào lõi đất không sớm hơn 2 - 3 ngày sau khi đổ bê tông.



**Hình 13.23:** Sơ đồ công nghệ xây dựng hầm bằng phương pháp đào hào

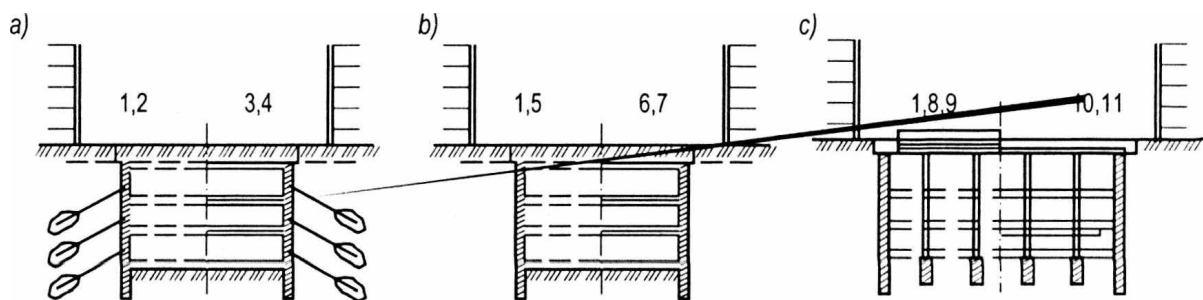
1. hào dẫn; 2. gầu ngoạm; 3. khung cốt thép; 4. ống dẫn bê tông; 5. máy xúc;  
6. ô tô tự đổ; 7. bơm bê tông

Công nghệ đào lõi đất thường khác nhau tùy thuộc vào dạng và kích thước của công trình ngầm. Khi xây dựng các hầm ô tô và hầm cho người đi bộ việc đào đất bắt đầu từ đoạn cửa hầm (hình 13.23) với việc dùng máy xúc kích thước nhỏ, ủi và các máy chuyển đất v.v...

Khi xây dựng các công trình ngầm có nhiều tầng ngầm lõi đất được đào tuần tự từ trên xuống dưới. Đưa đất lên bằng cách cầu các thùng chứa qua các lỗ chừa sẵn trên các tấm trần.

Các vách phân tầng được xây sau khi đào lõi đất theo thứ tự từ dưới lên trên hoặc theo quá trình đào đất từ trên xuống dưới.

Trong trường hợp đầu, đồng thời với việc đào đất tiến hành gia cố vách hào bằng các thanh văng ngang hoặc neo đất giống như trong phương pháp hố móng (hình 13.24a). Sau khi đào đất đến cao độ thiết kế người ta xây các vách phân tầng từ dưới lên trên. Xây đến đâu thì tháo các giằng và thanh văng. Nhược điểm cơ bản của công nghệ này là cần phải gia cố tạm các vách hào.



**Hình 13.24:** Các giai đoạn xây dựng công trình ngầm nhiều tầng

1. xây tường trong hào; 2. đào đất trong hố móng và đặt neo; 3. xây vách trung gian;
4. xây trần nóc; 5. lắp hố đào; 6. khôi phục mặt đường; 7. đào đất tiếp và xây sàn trung gian;
8. xây cột xuyên tầng; 9. treo bó tấm trần; 10. đào đất tuần tự; 11. hạ trần trung gian

Tiến bộ hơn là công nghệ thi công theo sơ đồ từ trên xuống dưới. Với công nghệ này khi đào đất giữa các vách tiến hành thành từng lớp theo chiều cao và xây ngay các vách phân làn. Các vách này đóng vai trò các thanh văng đảm bảo ổn định vách hào (hình 13.24b).

Khi xây dựng công trình ngầm nhiều tầng theo sơ đồ từ trên xuống, trong nhiều trường hợp người ta áp dụng phương pháp hạ các tấm ngăn. Với phương pháp này sau khi xây xong vách hào (tường) và các cột xuyên ở mức mặt đất người ta đổ bê tông hoặc lắp một số khối của vách ngăn rồi treo tạm các khối dưới lên khối trên. Theo quá trình đào đất trong phạm vi một lần của công trình ngầm các vách ngăn trung gian được hạ vào cao độ thiết kế (hình 13.24c). Việc hạ được thực hiện bằng các kích. Tuy nhiên để hạ qua các cột xuyên trong các khối trần phải có lỗ. Sau khi hạ một tổ hợp các vách ngăn đến chiều cao của từng tầng, các khối được gia cố vào các tường và các cột còn các khối còn lại một lần nữa người ta hạ và gia công tương tự.

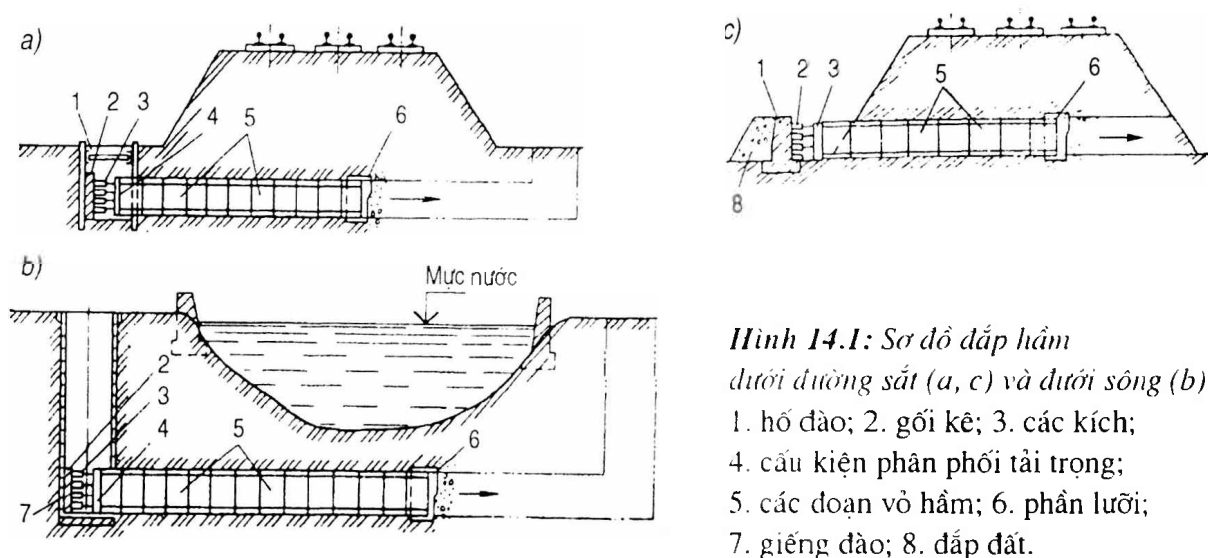
## Chương 14

# PHƯƠNG PHÁP ĐẨY ÉP ĐẤT

### §1. THỰC CHẤT CỦA PHƯƠNG PHÁP VÀ PHẠM VI ẠP DỤNG

Trong nhiều trường hợp các hầm giao thông ô tô và đi bộ trong thành phố nằm ở độ sâu không lớn và đi ngay sát các ngôi nhà, các đường giao thông chính đã có sẵn trong đô thị hoặc là các đường sắt, đê, đập, sông hoặc kênh v. v... Việc xây dựng những hầm như thế trên đoạn giao cắt với các công trình nhân tạo hoặc các chướng ngại tự nhiên bằng phương pháp lộ thiên đòi hỏi phải xây dựng các đường tránh tạm hoặc tiến hành thi công theo giai đoạn cùng với việc xây dựng lại các công trình hạ tầng kỹ thuật đô thị đã có trước. Việc sử dụng phương pháp mở hoặc phương pháp khiên đào thường kéo theo sự dịch chuyển và biến dạng không thể tránh khỏi khối đất xung quanh và phá hoại sự giao thông trên các tuyến đường trong khu vực. Ngoài ra, việc áp dụng khiên đào trên những đoạn tương đối ngắn (100 - 150 mét) là không hiệu quả.

Trong những điều kiện như vừa nêu trên đây, áp dụng phương pháp đẩy ép kết cấu hầm là hợp lý và hiệu quả. Thực chất của phương pháp bao gồm: các cấu kiện riêng rẽ của hầm có dạng các vòng kín hoặc các dốt kín hình chữ nhật được người ta đẩy ép vào trong đất bằng thiết bị kích bố trí ở trên mặt đất hoặc trong một hố đào (dạng giếng). Một khâu vỏ hầm đầu tiên chế sẵn có trang bị lưỡi cắt, dưới sự bảo vệ của nó người ta đào đất và đẩy theo một phần hầm đã xây dựng xong trên mặt đất (hình 14.1). Các đoạn hầm dạng



**Hình 14.1:** Sơ đồ đắp hầm dưới đường sắt (a, c) và dưới sông (b)  
 1. hố đào; 2. gối kê; 3. các kích;  
 4. cấu kiện phân phối tải trọng;  
 5. các đoạn vỏ hầm; 6. phân lưỡi;  
 7. giếng đào; 8. đắp đất.

chữ nhật có dán lớp phòng nước ở phía ngoài, còn mối nối giữa các cấu kiện được người ta làm kín trong quá trình thi công bằng cách đặt các đệm chèn đàn hồi và chèn khe nối sau đó. Khi ở trong nền hầm là các đất bền chặt hoặc được làm chặt trước đó thì có thể đẩy các cấu kiện không kín ở phía dưới dạng chữ  $\Pi$ , điều đó làm giảm nhẹ việc đẩy hầm khi thi công. Trong đa số trường hợp người ta đẩy hầm qua đất đắp không dính và khô. Có thể đẩy các đốt hầm qua các đất yếu, bão hoà nước, được làm khô trước bằng cách hạ mực nước ngầm, hay bằng cách gia cố hoá. Trong những trường hợp cá biệt khi đào dưới sông, dưới kênh có thể đẩy ép hầm trong không khí nén.

Phương pháp đẩy ép lần đầu tiên được áp dụng ở Liên Xô cũ để đặt các đường ống nước và các hầm kỹ thuật đô thị dưới các chướng ngại tự nhiên và nhân tạo khác nhau. Trong những năm gần đây người ta sử dụng phương pháp này khi xây dựng các hầm cho người đi bộ, các hầm giao thông khác trong những trường hợp, khi sử dụng các phương pháp khác tỏ ra không hợp lý hoặc trong thực tế các phương pháp không thể áp dụng được.

Ở Liên Xô người ta đã tích lũy được những kinh nghiệm đáng kể trong việc đẩy ép những hầm khác nhau. Trong những năm sau này người ta đã dùng phương pháp này để xây dựng hai hầm ô tô, mỗi hầm dài 150 mét dưới đường sắt, cũng như các hầm đi bộ trong khu vực ga metro "Begovaia", "Botanhisexki xad", "Varsavxkaia" và "Tusinxkaia" ở Matxcơva. Thường thì người ta đẩy ép những hầm có chiều dài không lớn. Tuy nhiên, thực tế xây dựng đã chỉ ra là có thể đẩy ép những hầm dài đến  $300 \div 400$  mét và lớn hơn. Đã biết những trường hợp đẩy ép những hầm ô tô, tiết diện ngang chữ nhật  $38 \times 12,5$ m và dài đến 2km. Bằng phương pháp này có thể tiến hành thi công mà không phá hoại chuyển động trên những đường trục chính giao cắt với hầm, với độ lún bề mặt là tối thiểu. Khi xây dựng bằng phương pháp này thường đạt được công nghiệp hoá thi công ở mức độ cao do sử dụng các cấu kiện vỏ hầm đúc sẵn trong nhà máy. Ngoài ra, còn giảm chi phí lao động đến tối thiểu và nâng cao đến độ thi công.

Ứng lực đẩy ép cần thiết  $P$ , mà bộ kích phải đạt được, được xác định từ điều kiện khắc phục sức cản ma sát theo mặt ngoài của đoạn hầm và sức cản ở mặt trước của phần lưởi và đất.

$$P = K_n \{ [2(pB + qH) + g] L\mu + \Pi \cdot s \} \quad (14.1)$$

ở đây:  $K_n$  là hệ số độ tin cậy, lấy bằng 1,2;  $p$  và  $q$  là áp lực thẳng đứng và áp lực bên của đất;  $B$  và  $H$  là bề rộng và chiều cao của hầm tiết diện ngang là chữ nhật (đối với đoạn hầm tròn thì thay  $B$  và  $H$  bằng đường kính hầm  $D$ );  $g$  là trọng lượng 1 mét dài hầm;  $L$  là chiều dài tối đa của đoạn hầm đẩy ép;  $\mu$  là hệ số ma sát giữa đất và hầm;  $\Pi$  là chu vi của phần lưởi;  $S$  là ứng lực cắt đơn vị của phần lưởi trên một mét chu vi của lưởi (xác định bằng thực nghiệm).

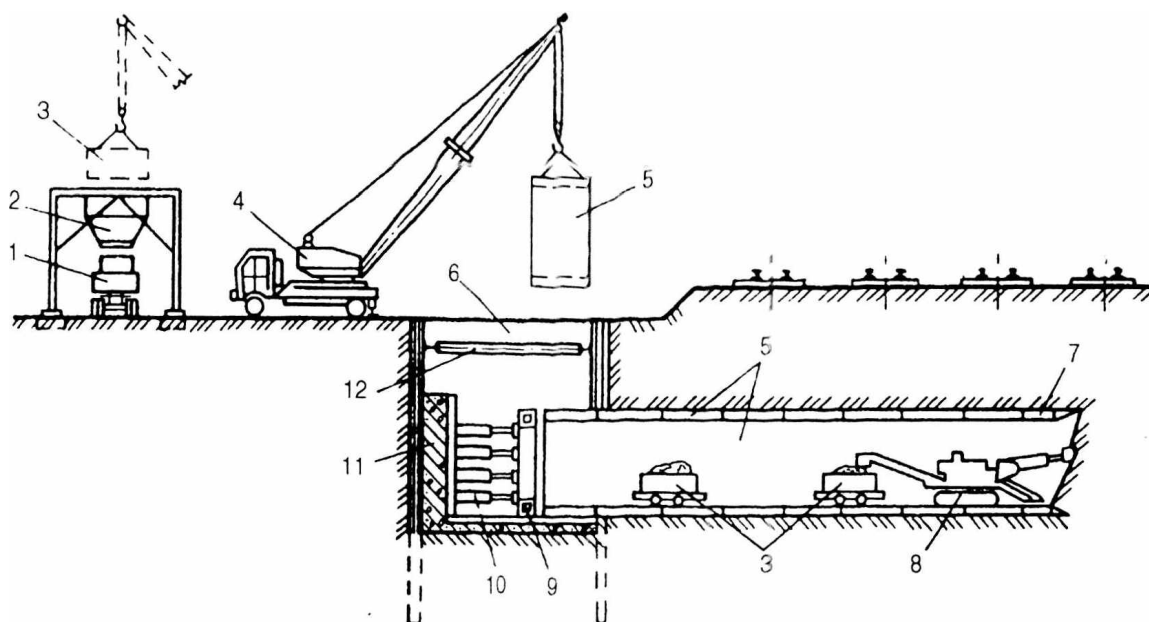
## §2. CÔNG NGHỆ THI CÔNG

Tùy thuộc vào chiều dài của hầm, kích thước tiết diện ngang của nó, chiều sâu đặt hầm và các tính chất của các đất mà hầm cắt qua người ta áp dụng các sơ đồ công nghệ đẩy ép khác nhau.

Nếu chiều sâu đặt hầm không vượt quá  $3 \div 5$  mét, người ta thiết lập hố "gương đẩy ép" (hình 14.1a), còn khi hầm đặt sâu thì việc đẩy ép được tiến hành từ các giếng đứng (hình 14.1b). Trong nhiều trường hợp, công tác đẩy ép lại tiến hành ngay ở mức mặt đất phía trước của chương ngại mà hầm giao cắt với nó (hình 14.1c).

Các giếng hoặc hố "gương đẩy ép" thường có tiết diện chữ nhật trên mặt bằng và có kích thước đủ để bố trí một đoạn hầm và các thiết bị kích cần thiết để đẩy ép chúng.

Trong tường chắn của hố đào hoặc giếng giao cắt với chương ngại người ta thiết lập một khoang, kích thước của nó cần lớn hơn kích thước tiết diện ngang của hầm một chút. Trên phía đối diện người ta thiết lập khối tựa bằng bê tông cốt thép để tiếp nhận và truyền lên đất các ứng lực của kích đẩy ép hầm. Trên tường gối có gắn vòng kê của các kích thủy lực bố trí đều theo chu vi của đoạn hầm (hình 14.2).



**Hình 14.2:** Sơ đồ công nghệ ép đẩy hầm

1. ô tô ben; 2. bể; 3. thùng chứa; 4. cần ô tô; 5. đoạn hầm; 6. hố đào;
7. phần lõi; 8. máy đào hầm; 9. khung phân bố tải trọng;
10. thiết bị kích đẩy; 11. gối kê; 12. vì chống hố đào.

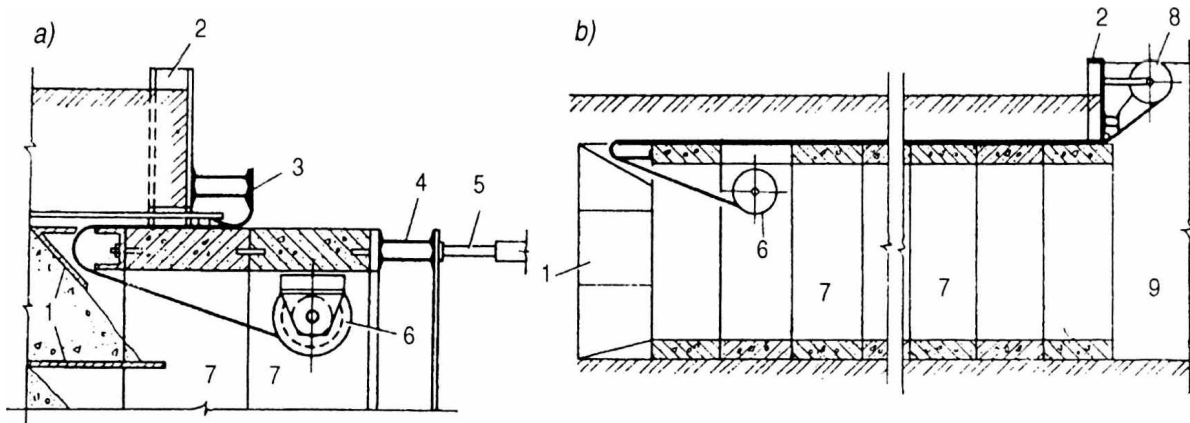
Các đoạn vỏ hầm đúc sẵn được hạ lần lượt vào hố hoặc giếng bằng cần cẩu, đứng ở trên mặt đất. Cũng bằng cần cẩu này người ta cấp vào hầm đang xây dựng các cấu kiện của vì chống, các vật liệu cần thiết, các trang thiết bị và đưa ra khỏi gương các goòng hoặc thùng chứa đất đào ra.

Bằng các kích thủy lực người ta đẩy ép đoạn hầm đã được hạ vào đáy hố đi vào đất một đoạn bằng bề rộng của đoạn hầm. Như vậy bước đẩy của cần kích thủy lực cần đúng bằng chiều dài của bước đẩy hầm.

Để truyền đều các ứng lực lên vỏ hầm giữa cần kích và mặt đầu của đoạn hầm người ta đặt cấu kiện phân bố lực, có dạng vành khăn hoặc chữ nhật, làm bằng thép hình hay bê tông cốt thép. Sau khi đẩy ép đoạn vỏ hầm cần kích trở về vị trí xuất phát, giải phóng một khoảng để bố trí đoạn hầm tiếp theo.

Một khâu hầm đã hoàn chỉnh được gắn với thiết bị lưới (theo dạng phần lưới của khiên đào) ngăn cản sự phá hoại đất ở trong gương và cắt đất theo chu vi hang. Kết cấu và kích thước của phần lưới được xác định chủ yếu bởi các tính chất của đất. Việc nối phần lưới với khâu hầm đã hoàn chỉnh có thể là cứng hoặc mềm, sao cho có thể dịch chuyển được một chút phần lưới theo phương ngang và phương đứng để có thể chỉnh hướng đẩy ép trong một mặt phẳng thẳng đứng.

Dưới sự bảo vệ của phần lưới người ta tiến hành đào đất. Khi đó, tùy thuộc vào loại đất mà người ta đào thủ công, bằng các thiết bị cơ giới hoặc bằng một tổ hợp đào chuyên dụng theo kiểu máy đào kiểu hành tinh. Đất đào ra được bốc vào băng tải hoặc goòng, rồi chuyển ra gương của hố đào hoặc giếng, rồi từ đó đưa lên mặt đất bằng cầu, đổ vào xe ô tô tự đổ rồi chở ra bãi thải.



**Hình 14.3:** Sơ đồ đẩy các đốt hầm có dùng băng giảm ma sát

a) Có một băng; b) Có băng kép;

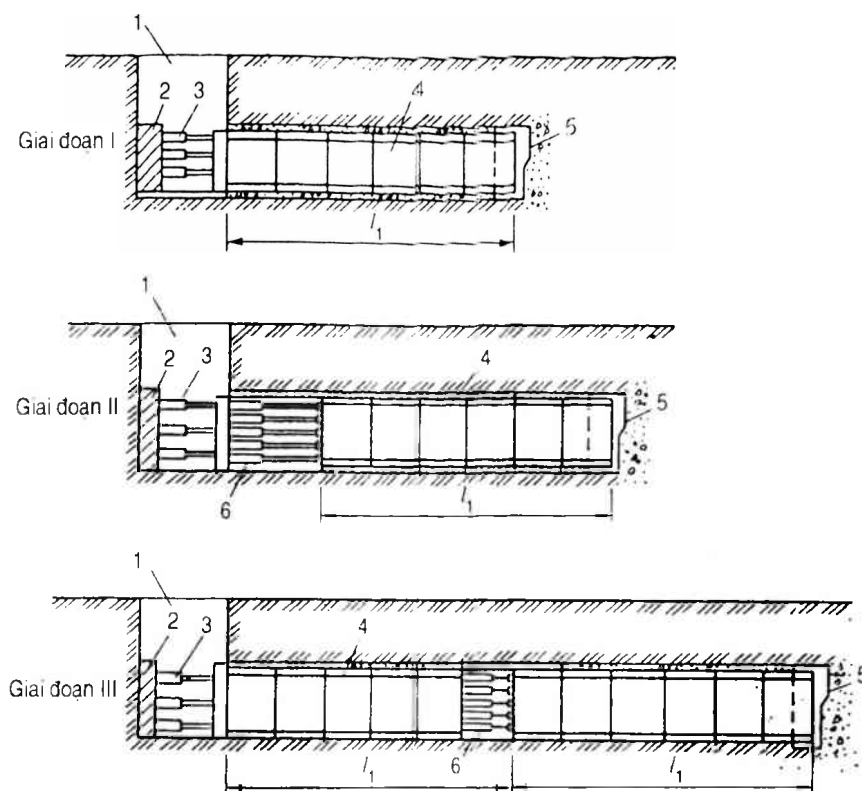
1. phần lưới; 2. cọc; 3. gắn giữ băng; 4. khung phân phối tải trọng; 5. kích thủy lực;  
6. tang cuốn băng; 7. đoạn hầm; 8. tang cuốn băng sự cố; 9. hố đào.

Trong quá trình đẩy, các ứng lực của thiết bị kích không ngừng tăng, điều đó làm hạn chế chiều dài đoạn đẩy ép. Việc tăng chiều dài đẩy ép có thể đạt được bằng cách giảm lực ma sát trên mặt ngoài của các đoạn hầm, điều này thực hiện được bằng nhiều phương tiện khác nhau. Trong hàng loạt trường hợp việc dùng màng ở dạng pôliêtilen, màng bằng các lá thép, lá nhôm đặt giữa đất và sàn, trần của đoạn hầm là hợp lý (đôi khi đặt cả ở bên vách hầm. Ở Liên Xô cũ, khi đẩy các đoạn hầm tiết diện chữ nhật, trên mặt

ngoài người ta bố trí các băng diu-aluminhia rộng đến 1,4 mét và dày 2mm. Trong quá trình đẩy các đốt, các băng này cuốn trên một tang tời được tổ ra và tạo nên một lớp phủ liên tục trên mặt ngoài của các đoạn hầm, thay ma sát bê tông với đất bằng ma sát giữa kim loại với đất (hình 14.3a). Trong trường hợp bị đứt một trong những băng thì có thể bố trí các băng sự cố nằm trên các băng làm việc (hình 14.3b).

Việc giảm sức cản khi ép còn đạt được bằng cách ép từ trong ra phía sau đốt vỏ hầm dưới áp lực 0,3 - 0,5 MPa các vật liệu có các thành phần nhớt khác nhau, thường dùng hơn cả là các huyền phù bentônít, nó làm giảm lực mát ( $30 \div 100$ )%, giảm biến dạng khối đất và mặt đất. Tuy nhiên trong các đất không ổn định hạt lớn, cũng như với các đất lỗ rỗng lớn khác nhau thì việc ép ra sau vỏ hầm huyền phù bentônít tỏ ra kém hiệu quả.

Phương tiện có hiệu quả hơn cả, cho phép tăng đáng kể chiều dài đẩy ép là việc sử dụng các thiết bị kích trung gian. Một thiết bị như thế gồm một áo thép, hình dạng và kích thước của nó phù hợp với hình dạng và kích thước của các đoạn vỏ hầm, và vòng kích, bố trí theo chu vi. Thiết bị được đưa vào làm một bộ phận của các đốt vỏ hầm và sau khi các ứng lực của các kích gương đạt được chừng 90% thì người ta sử dụng các kích trung gian (hình 14.4). Bằng các ứng lực của các kích này tất cả các đoạn hầm nằm trước thiết bị kích trung gian được đẩy đi một bước đào. Sau đó thiết bị gương đẩy các đoạn còn lại cùng với thiết bị trung gian về phía trước và chu kỳ được lặp lại. Khi mà đốt đầu đạt đến vị trí thiết kế, các kích trung gian được tháo đi và các đốt hầm phía sau nó được đẩy lên phía trước một bước đào và lấp đầy khoảng trống mà kích trung gian bỏ lại.



**Hình 14.4:** Các giai đoạn đẩy hầm có sử dụng thiết bị kích trung gian

1. hố đào; 2. gối kê; 3. thiết bị kích cơ bản; 5. phần lõi; 6. thiết bị kích trung gian

Trong một số trường hợp các thiết bị kích trung gian cũng như các thiết bị kích gương có thể được bố trí trong một buồng riêng được đào xuống từ bề mặt của chương ngại mà hầm giao cắt với nó. Việc sử dụng một số thiết bị kích trung gian trong tổ hợp nén ép cùng với việc ép huyền phù bentonít sau vỏ hầm cho phép đẩy ép những hầm có chiều dài bất kỳ.

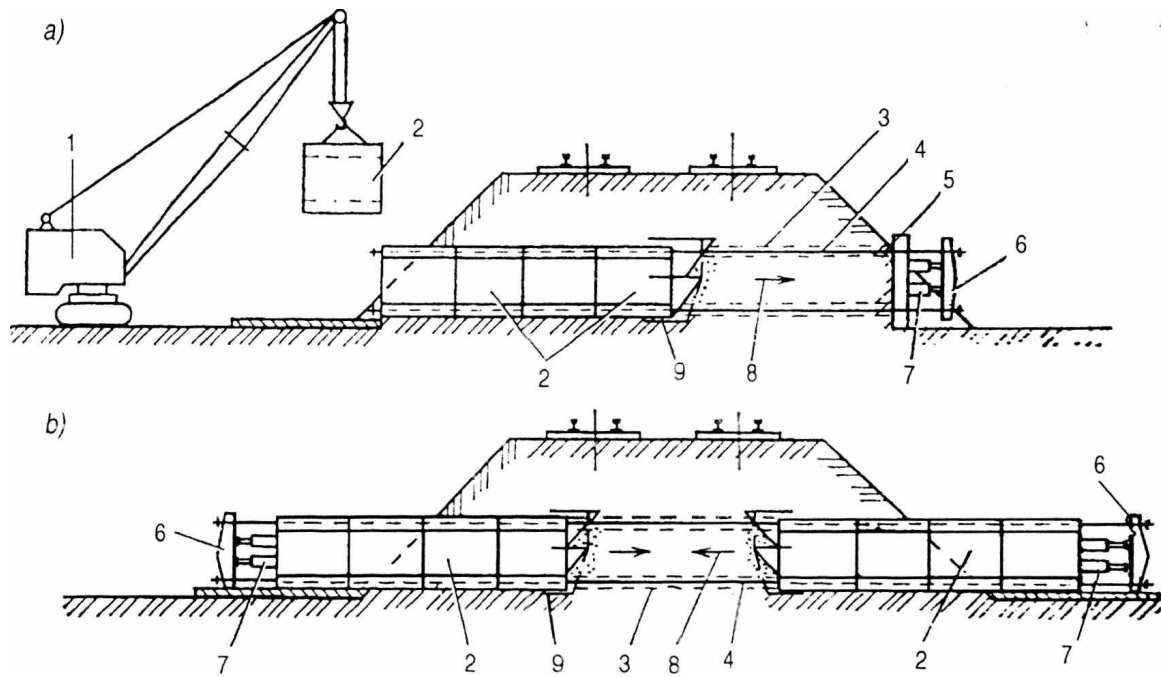
Khi đẩy một số hầm, thay vì dùng các kích trung gian người ta đặt vào các mối nối của các đoạn hầm các gioăng rỗng đường kính  $50 \div 75\text{mm}$  bằng cao su có cốt, hoạt động như các kích phẳng. Việc ép ngang khí nén vào trong các gioăng này làm dịch chuyển liên tục tất cả các đốt vỏ hầm đi một đoạn  $20 \div 25\text{mm}$ .

Khi đẩy ép hầm, thường phát sinh những khó khăn, liên quan đến việc đảm bảo cho hướng của hầm đi đúng với hướng mong muốn, đặc biệt là khi đặt hầm trên đường cong. Để nâng cao độ chính xác của việc đẩy ép hầm có chiều dài đáng kể, thì từ gương người ta khoan những lỗ khoan vượt trước hoặc đào hang dẫn hướng. Để đẩy ép hầm trên đường cong người ta sử dụng những kích điều khiển phần lườn của đoạn hầm, bằng cách bố trí các kích phụ giữa đốt đầu tiên của vỏ hầm và phần lườn đẩy giống như trong khiên đào, điều đó tạo điều kiện giảm sức cản theo mặt trước của gương đào. Khi sử dụng kích điều khiển hướng đào, thì xảy ra đẩy riêng phần lườn vào đất, tiếp theo mỗi đẩy của đốt hầm. Giữa các đốt vỏ hầm có bố trí các đệm hình nêm hoặc sử dụng các đoạn vỏ hầm có dạng hình thang trên mặt bằng. Công nghệ vừa khảo sát để đẩy hầm từ giếng "gương" hay từ hố đào đòi hỏi phải đào hầm sâu thêm so với mặt đất ở trên đoạn đường dẫn, điều đó liên quan với việc xây dựng khung dẫn vào đối với các hầm giao thông và lối vào cho các hầm đi bộ. Trong khi đó việc đẩy ép hầm từ mặt đất thì lại liên quan đến việc cần thiết phải xây dựng các gối lớn ở dạng tường chắn hoặc hố thế gia cố bằng neo căng hoặc đắp đất ngược lại bằng các đất được đầm chặt.

Trong những điều kiện nhất định khi hầm giao cắt với các khối đất đắp, người ta sử dụng hợp lý việc "đẩy ép" hầm nhờ các cáp thép luồn qua các lỗ khoan nằm ngang khoan trước qua khối đất đắp (hình 14.5a). Từ một bên của chương ngại đắp, các cáp thép được gắn chắc vào phần lườn, còn ở phía còn lại được gắn vào một khung chuyên dụng. Giữa khung chuyên dụng và gối kê trên mái dốc của chương ngại đắp người ta bố trí các kích thuỷ lực, bằng ứng lực kích người ta đẩy dần các đốt hầm. Sau mỗi chu kỳ cáp được tháo ra và gắn lại vào khung, bằng cách sử dụng các cóc khoá cáp. Giải pháp như vậy cho phép không phải dùng hố thế hoặc giếng "gương" và tiến hành đẩy ép các đoạn hầm ngay trên mặt đất. Có thể thực hiện đẩy ép hầm các đoạn hầm đồng thời từ hai phía của chương ngại bị hầm giao cắt bằng cách gắn các kích thuỷ lực ở các đầu cáp sau khi đã đặt các đoạn vỏ hầm (hình 14.5b). Khi đó với mục đích giảm bớt số lần tháo lắp cáp, người ta sử dụng các kích có chiều dài thay đổi với bước pistông đến 2 - 3 mét.

Trong những năm sau này, cùng với việc đẩy ép các đốt hầm ngắn, người ta sử dụng việc đẩy ép những đoạn hầm lớn, dài đến 10 - 15 mét và lớn hơn với khối lượng chừng  $200 \div 400$  tấn. Các đoạn hầm khuôn khổ lớn có thể đẩy từ một hoặc hai phía của chương ngại đắp, theo hướng ngược nhau.





**Hình 14.5:** Các sơ đồ đẩy hầm nhờ cáp (a, b)

1. cần cẩu; 2. đoạn hầm; 3. lỗ khoan; 4. cáp; 5. gối kê;  
6. bệ giữ cáp; 7. kích; 8. hướng đẩy hầm; 9. phân lưỡi

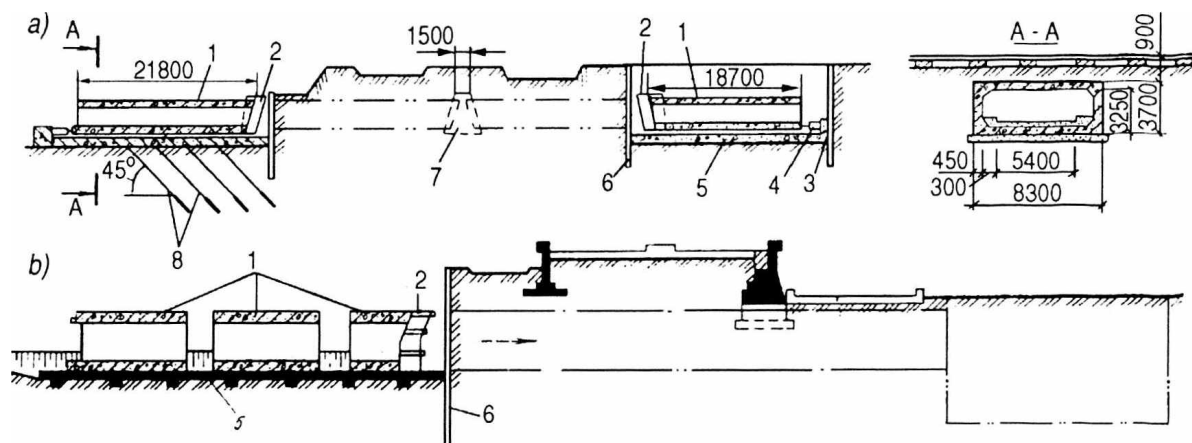
Trong trường hợp này các đoạn hầm được chế tạo trực tiếp ở bên cạnh chương ngại đắp trên một nền được xây dựng trước, có dạng một tấm bê tông cốt thép lớn có gia cố bằng các neo vào đất để tiếp nhận các phản lực phát sinh khi đẩy ép và có đầu được gia cường để đặt các kích thủy lực. Có xét đến các khối lượng lớn của các đoạn hầm như vậy, các kích thủy lực chỉ được đặt ở phần đáy.

Các đoạn hầm chế sẵn, có trang bị phân lưỡi được đẩy vào thân của chương ngại đắp sau một quá trình. Bởi vì bước của kích nhỏ hơn đáng kể so với chiều dài đẩy, để truyền các ứng lực lên đoạn hầm người ta sử dụng các đế thép.

Người ta đã đẩy ép các đoạn hầm lớn, cá biệt, khi xây dựng một hầm giao thông ô tô có hai làn xe dưới một ga đường sắt. Hai đoạn hầm có tiết diện ngang là hình chữ nhật rộng 8,3 mét, cao 3,7 mét và dài 21,8 và 18,7 mét, có khối lượng chừng 500 tấn mỗi đoạn (hình 14.6a). Kết cấu là bê tông cốt thép toàn khối, có chiều dày tường, đáy và trần là 45,7cm.

Việc đẩy được tiến hành ở độ sâu 0,9 mét kể từ đỉnh ray, bằng 12 kích thủy lực, ứng lực phát triển lên đến 12000kN. Trong thời gian đẩy một đợt việc lưu thông đường sắt trên hai tuyến gần nhất được chuyển ra tuyến xa hơn và tốc độ chạy tàu được hạn chế. Trong quá trình đẩy người ta ép vữa bentônít ra phía sau đợt vỏ hầm để giảm lực ma sát. Việc đẩy các đoạn vỏ hầm đã đạt độ chính xác cao.

Ba đợt hầm bê tông cốt thép tiết diện ngang chữ nhật rộng 9,3, cao 6,9 và dài 10,8, 16,5 và 18 mét đã được đẩy tại chỗ xây dựng nút giao thông (hình 14.6b).



**Hình 14.6:** Sơ đồ đẩy đoạn hầm tiết diện lớn dưới đường sắt (a) và dưới đường ô tô (b)

1. đoạn hầm; 2. phần lưởi; 3. gối kê; 4. các kích; 5. tấm móng;  
6. tường cừ; 7. đoạn nối; 8. neo đất

Việc đẩy những đoạn hầm lớn cho phép tạo được kết cấu hầm có chất lượng cao với số lượng mối nối là ít nhất, rút ngắn đáng kể thời hạn thi công tránh không phải xây dựng các hố đào.

## Chương 15

# XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH NGẦM BẰNG PHƯƠNG PHÁP HẠ ĐOẠN

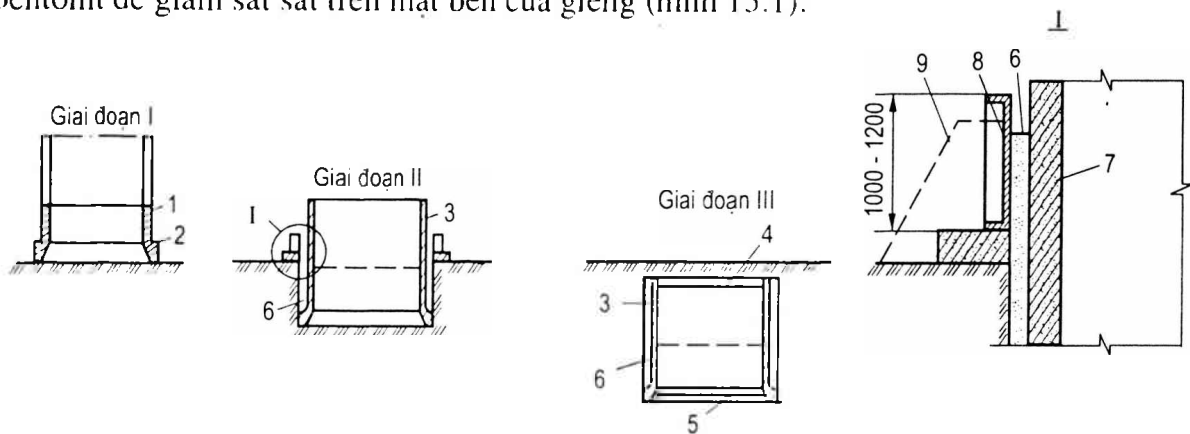
### §1. PHƯƠNG PHÁP HẠ GIẾNG CHÌM VÀ GIẾNG CHÌM HƠI ÉP

#### 1. Công nghệ hạ giếng chìm áo sét

Các gara ngầm, các công trình ngầm dạng gian lớn, các giếng, các công trình ngầm để thông gió, buồng khiên v.v... thường có kích thước hạn chế trên mặt bằng và bố trí trong khu xây dựng dày đặc của thành phố, có thể xây dựng bằng phương pháp hạ giếng. Thực chất của phương pháp này là: người ta xây kết cấu của công trình ngầm ở trên mặt đất, bằng cách đào đất ở trong phần lưới bảo vệ và hạ kết cấu xuống đến cao độ thiết kế. Việc hạ kết cấu tiến hành dưới tác dụng của trọng lượng bản thân kết cấu có chất tải phụ hay dùng kích ép.

Phương pháp hạ giếng từ lâu đã sử dụng trong thực tế xây dựng và là công việc rất khó khăn, đòi hỏi lượng lao động thủ công lớn, không cho phép đạt tiến độ lớn và do đó phạm vi ứng dụng bị hạn chế. Trong thời gian gần đây phương pháp được áp dụng cùng với việc dùng áo sét. Hàng năm ở Liên Xô cũ hạ 100 - 200 công trình đường kính 3 - 50m, sâu 5 - 40m trong áo sét. Ở nước ta trong lĩnh vực giao thông vận tải, phương pháp này cũng đã được sử dụng rộng rãi.

Trong quá trình hạ khe hở giữa đất và vách giếng được chứa đầy vữa sét - nhũ tương bentonit để giảm sát sát trên mặt bên của giếng (hình 15.1).



**Hình 15.1:** Sơ đồ hạ giếng trong áo sét

1. dốt đầu tiên; 2. phần lưới; 3. dốt thứ hai; 4. tấm nóc; 5. tấm đáy;  
6. áo sét; 7. vách giếng; 8. khung định vị; 9. đất đắp

Khi hạ giếng trong vữa sét, sự ổn định của khối đất bao quanh được đảm bảo. Điều đó làm xuất hiện khả năng sử dụng kết cấu lắp ghép, không đòi hỏi phải đóng băng hoặc gia cố hoá nhân tạo. Việc sử dụng vữa sét đảm bảo độ tin cậy và cho phép nâng cao tính an toàn trong thi công và rút ngắn thời hạn xây dựng. Phương pháp hạ giếng trong áo sét có thể ứng dụng trong các loại đất không dính bất kỳ khi không có những lỗ trống lớn hoặc cao làm mất vữa sét.

Khi hạ giếng trong áo sét các công việc được tiến hành theo trình tự công nghệ sau: đầu tiên trên mặt đất phải chuẩn bị một mặt bằng thi công, có bố trí những trang thiết bị cần thiết để chế tạo vữa sét, để thoát nước hoặc hạ mực nước nhân tạo, có thiết bị cầu, phễu v.v...

Vỏ giếng được xây trực tiếp trên mặt đất hoặc đáy hố móng đào sâu đến mức 1,5 - 2,0m cách mực nước ngầm. Đáy hố móng được làm phẳng và phủ một lớp 0,2 - 0,3m từ vật liệu lớn đầm chặt. Nền phải đủ cứng để ngăn hiện tượng lún của phần lõi giếng kê lên gỗ hoặc tà vẹt, lên các khối bê tông hoặc một băng bê tông đổ tại chỗ.

Các xà kê hoặc tà vẹt đặt cách nhau 0,5 - 1,0m để áp lực lên nền không vượt quá khả năng chịu tải của đất. Cá biệt nền có thể làm bằng đá dăm, sỏi hoặc cát.

Phần lõi của giếng phải đặt trên mặt phẳng nằm ngang với độ sai lệch theo phương đứng  $\pm 2\text{mm}$  trên mặt bằng  $\pm 5\text{mm}$ . Trên phần lõi sẽ xây tiếp phần kết cấu vỏ giếng. Thường khi chiều cao giếng  $\leq 10\text{m}$  thì người ta đổ bê tông một lần, còn khi có chiều cao lớn hơn thì phân làm nhiều đợt, mỗi đợt cao 3 - 5m.

Giếng là bê tông cốt thép toàn khối thì được đổ bê tông với ván khuôn gỗ hoặc ván khuôn thép. Người ta cũng dùng ván khuôn là các tấm bê tông cốt thép mỏng. Hợp lý hơn cả là dùng ván khuôn trượt bằng xích hay bằng tời. Cấp bê tông vào khối đổ bằng ben 1 - 2m<sup>3</sup> có đáy đóng mở hoặc bằng bơm bê tông.

Giếng có kết cấu lắp ghép được tổ hợp bằng cầu. Các khối giếng rẽ được liên kết với nhau và chèn đầy mối nối. Trong thời gian lắp ghép và chưa toàn khối hoá mối nối thì có thể dùng khuôn đỡ định hướng.

Trước khi hạ giếng ta làm tường vây xung quanh và chứa đầy vữa sét. Tường vây cao hơn mặt đất ít nhất là 1m để tránh sụt đất trên mặt vào vữa sét.

Kết cấu tường vây có thể là các tấm bằng gỗ, bê tông cốt thép hoặc thép tựa lên băng bê tông cốt thép bố trí theo chu của giếng hạ (hình 15.1).

Sau khi đổ đầy vữa sét vào trong tường vây, người ta bắt đầu tháo các bộ phận kê. Các gỗ, hoặc tà vẹt kê được tháo đều theo chu vi của giếng và phải phù hợp với sơ đồ tính uốn của giếng. Việc tháo con kê ở phần lõi giếng thường bằng cách đào nền cát dưới con kê. Khi mà tất cả các chi tiết kê của phần lõi đã tháo xong thì bắt đầu công việc đào đất ở gương.

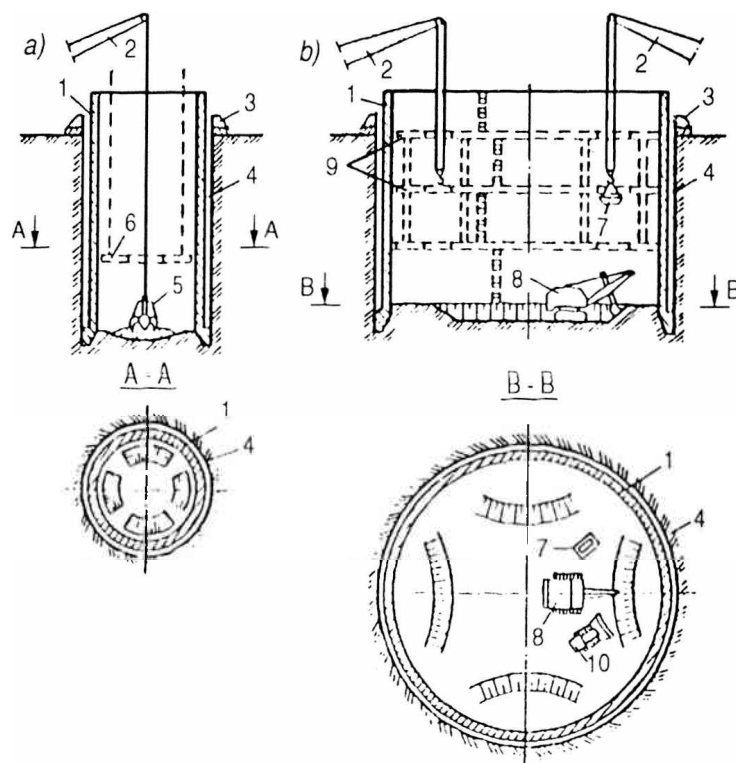
Đất được đào từng lớp theo phương bán kính và từ tâm ra có để lại một cơ bảo vệ ở gần lõi giếng. Khi hạ giếng trong đất yếu không ổn định phần lõi lúc nào cũng phải cắm sâu

vào trong đất để cho vữa sét không chảy vào trong phần lưới giếng. Để đảm bảo điều kiện này việc đào đất được tiến hành ở cao độ cách chân đế của lưới giếng ít nhất là 0,5 - 1m.

Phương pháp đào đất chủ yếu phụ thuộc vào tính chất cơ lý của đất. Đất dính chặt cũng như cát hạt lớn, cuội sỏi thường đào bằng gầu ngoạm treo vào cần cầu đặt trên mặt đất (hình 15.2a).

Đất không dính (cát hạt nhỏ, á cát) cũng như các loại đất không ổn định có hiện tượng chảy thì đào bằng các thiết bị thủy lực: làm tơi bằng súng phun nước, tách đi bằng các thiết bị hút. Khi đó thường xói đất từ tâm ra lưới, đảm bảo độ nghiêng của tia phun là về phía hố thu.

Khi hạ những giếng lớn đất được đào bằng máy xúc và ủi đặt ở gương đào, và đưa lên mặt đất bằng các thùng chứa và cần cầu đặt trên mặt đất (hình 15.2b).



**Hình 15.2:** Sơ đồ đào đất khi hạ giếng (a) và giếng đường kính lớn (b)

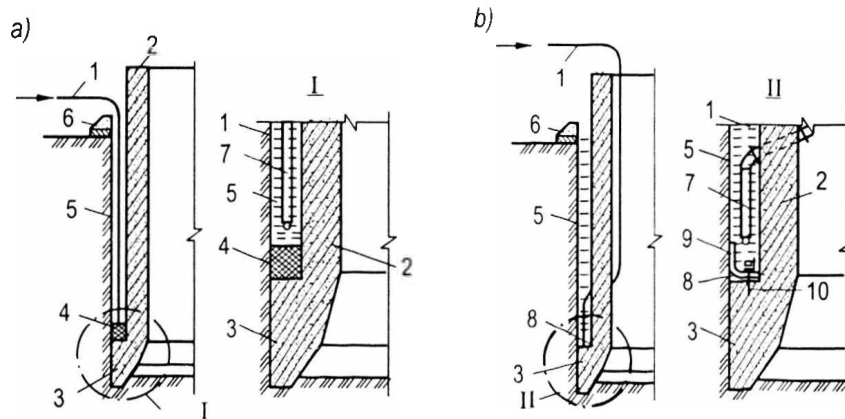
1. vò; 2. cần cầu; 3. đập định vị; 4. áo sét; 5. gầu ngoạm;  
6. trần treo bảo vệ; 7. thùng; 8. máy xúc; 9. gờ súc; 10. máy ủi

Trong quá trình đào đất trong trường hợp cần thiết phải tiến hành hút nước hoặc hạ mực nước ngầm.

Khi hạ giếng trong đất không dính ngầm nước, trong nhiều trường hợp người ta dùng phụ tải là cột nước tạo nên trong giếng đến mức 0,5 - 1,0m cao hơn mực nước ngầm và khi đó phần lưới phải thường xuyên cắm sâu vào đất không nhỏ hơn 1 - 1,5m. Đất ở trong gương được đào trong nước bằng gầu ngoạm. Với công nghệ này sẽ không có

người ở trong gương. Do cân bằng với áp lực thuỷ tĩnh của nước phía ngoài mà hiện tượng lún bề mặt sẽ bị loại trừ.

Trong quá trình hạ giếng khe hở xung quanh giếng dày 10 - 15cm được chứa đầy vữa sét. Vữa sét được cấp đến mặt bằng xây dựng, từ trạm vữa trung tâm hoặc trạm chế tạo vữa đặt tại hiện trường. Thiết bị cho trạm giống như đã mô tả trong phương pháp đào hào. Phương pháp cấp vữa sét vào sau giếng tùy thuộc vào kích thước giếng, chiều sâu hạ giếng và loại đất. Nếu như giếng có kích thước tương đối lớn, hạ không sâu trong tầng đất dính thì vữa sét cấp qua tường quây (hình 15.3a).



**Hình 15.3:** Xây dựng áo sét khi hạ giếng có đặt ống phụt ngoài và ống phụt trong

1. ống phụt; 2. vách giếng; 3. phần lưỡi; 4. lớp ngăn bằng sét dẻo; 5. áo sét; 6. đập định vị;  
7. ống phụt phần có đục lỗ; 8. măng sét cao su; 9. thép góc; 10. bulông neo.

Khi hạ những giếng lớn qua đất không dính thì vữa sét được ép vào phần dưới của áo sét trên bậc giạt cấp của phần lưỡi của vỏ giếng. Để làm việc này từ mặt ngoài hay mặt trong, dọc theo tường người ta đặt các ống thép đường kính 40 - 50mm đặt cách nhau 3 - 5mm theo chu vi giếng. Khi bố trí ống ở mặt trong thì ở những chỗ ép vữa người ta đặt các đầu ra (hình 15.3b). Phần dưới của mỗi ống đều có khoan lỗ trên chiều dài 0,6 - 1,0m. Đường kính lỗ khoan 10 - 15mm bố trí cách nhau 5 - 7cm thành hàng theo kiểu ô cờ và chỉ ở phía ống hướng về phía áo để các hạt đất không làm bắn đầu phụt.

Do vữa sét trong buồng áo sét có áp lực nên phải có giải pháp không cho vữa chảy vào trong giếng qua phần dưới của lưỡi giếng, đặc biệt khi giếng bị nghiêng. Để ngăn phần lưỡi người ta đặt bộ phận khoá sét hoặc đặt măng sét cao su không quá 0,6m (I và II trên hình 15.3).

Chiều cao của phần lưỡi trong đa số trường hợp nhỏ hơn nhiều lần so với phần thân giếng, do đó khi hạ trong áo sét có thể bị nghiêng lệch. Tuy nhiên khác với các giếng dạng khối nặng nề, đối với nó các hiện tượng nghiêng lệch rất nguy hiểm và có thể dẫn đến hiện tượng treo giếng, khi hạ các giếng vỏ mỏng trong áo sét hiện tượng nghiêng lệch dễ xử lý hơn. Để xử lý chủ yếu là cho đào đất ở phía đối diện với phía nghiêng trên

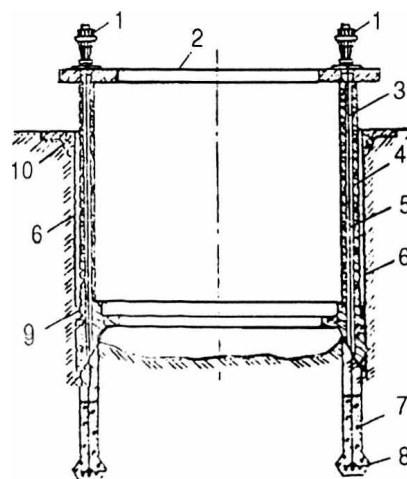
chiều dài nhỏ hơn nửa chu vi của giếng và sâu không lớn hơn 50 - 70cm đồng thời kê tạm phần lưỡi bằng các con kê.

Trong quá trình hạ giếng vỏ mỏng người ta tiến hành trắc địa kiểm tra cẩn thận vị trí của kết cấu hạ. Để kiểm tra trên mặt ngoài giếng cứ 0,5m một theo chiều cao người ta đặt các mốc bằng thép. Độ sai lệch của giếng trong tất cả các giai đoạn hạ giếng được xác định theo số liệu đo cao độ của bốn mốc trên một mặt nằm ngang. Lúc đó tang của góc nghiêng của giếng so với mặt phẳng thẳng đứng không được vượt quá 0,01, độ dịch chuyển ngang không lớn hơn 1% chiều sâu hạ giếng.

Để kiểm tra các công trình hạ kiểu giếng chìm người ta trang bị các hệ tự động để đo ứng suất trong các bộ phận của kết cấu, áp lực của vữa sét trong các vùng của áo sét, kiểm tra vị trí của giếng và điều chỉnh chế độ hạ giếng. Độ chính xác của việc hạ giếng phụ thuộc vào chiều dày áo sét và tốc độ hạ, độ chính xác càng cao khi các trị số này càng bé.

Để nâng cao độ chính xác hạ giếng trong áo sét người ta thường dùng bộ lưỡi chấn động bằng cách gắn vào phần lưỡi những thiết bị rung công suất lớn kiểu БПН - 2 do Liên Xô (cũ) chế tạo hoặc các loại tương tự khác. Các thiết bị này được gắn vào lưỡi bằng các cần (đòn) bằng thép hoặc bằng cọc cừ ở mặt ngoài hoặc mặt trong của vỏ giếng.

Hiệu quả hơn là phương pháp điều chỉnh cường độ có sử dụng kích thủy lực và cọc neo khoan nhồi, đôi khi dùng cọc dầu nổ đặt dưới đáy công trình. Trong các lỗ khoan đặt các thanh căng bằng thép cường độ cao tạo thành cọc neo. Khi xây vỏ giếng người ta chừa lại những rãnh thẳng đứng để luồn dây căng của cọc neo rồi ngàm vào đầu kích thủy lực đặt trên băng giằng ở mặt trên thân giếng (hình 15.4).



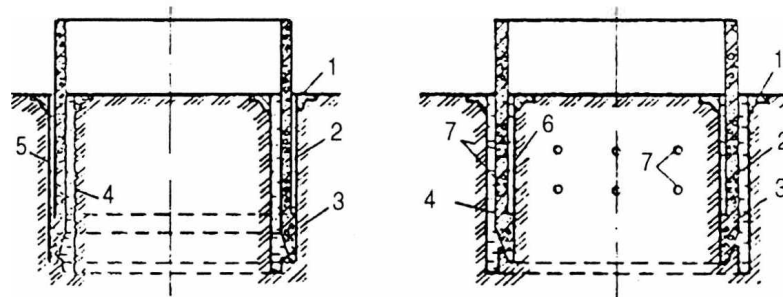
**Hình 15.4:** Sơ đồ hạ giếng điều chỉnh cường độ

1. kích; 2. vòng bê tông cốt thép; 3. vỏ giếng;
4. khe trong vỏ giếng; 5. cáp kéo; 6. áo sét;
7. cọc khoan nhồi; 8. mở rộng đầu neo;
9. lớp ngăn bằng sét; 10. đập định vị.

Trong quá trình hạ giếng người ta đào đất, sau đó đưa các kích vào và ngàm vào vỏ giếng. Thay đổi áp lực trong kích khác nhau người ta điều chỉnh được chiều sâu của phần lưỡi giếng, có nghĩa là điều khiển quá trình hạ giếng. Sau khi hạ giếng đến cao độ thiết kế các thanh căng được chôn vào thành giếng trở thành các neo ngăn cản sự tụt của công trình hạ (trôi). Cũng có khi người ta neo cả vỏ của giếng hạ bằng các kích thủy lực tựa lên miệng của tường quay hay trên các gối riêng.

Trong những năm gần đây người ta tiếp tục hoàn thiện công nghệ hạ các kết cấu nhẹ trong áo sét. Cá biệt còn đưa ra phương pháp hạ vỏ mỏng trong hai áo sét với việc xây

đọc theo vách của vỏ một hào nhỏ chứa đầy vữa sét. Hào có thể bố trí ở mặt trong cũng như mặt ngoài của vỏ giếng (hình 15.5a, b). Trong trường hợp hào bố trí ở mặt ngoài giếng thì cấu tạo phần lưới không cần có bậc ở mặt ngoài mà chuyển bậc vào mặt trong để tạo áo sét. Để liên hệ giữa áo sét trong và áo sét ngoài, trong tường vỏ phải có các rãnh ngang và do liên hệ thuỷ lực để điều chỉnh áp lực trong áo sét. Việc xây dựng công trình hạ giếng có hai áo sét làm đơn giản công tác đào đất ở trong giếng tránh được việc phải đào từng lớp và khi giếng hạ sâu vào nước có áp thì không cần phải thoát nước và hạ nước ngầm nhân tạo.



**Hình 15.5:** Hạ giếng trong hai áo sét

1. đập định vị; 2. vỏ giếng; 3. lưới giếng; 4. hào; 5. áo sét ngoài;  
6. áo trong; 7. lỗ để cấp vữa sét

Sau khi hạ giếng đến vị trí thiết kế với phần lưới cắm sâu vào lớp đất cách nước không nhỏ hơn 1m thì người ta đổ bê tông đáy công trình, xây dựng vách ngăn và các xà ngang, dọc. Đôi khi tránh lún tự do của giếng, khi hạ giếng cách cao độ thiết kế 1 - 1,5m thì người ta ngừng hạ, sau khi xây đáy người ta hạ cho giếng ngồi lên đáy. Với mục đích này ở phần trên của vỏ người ta tạo thành dạng phễu. Phễu này sẽ tựa lên đất khi giếng đạt tới vị trí cuối cùng. Thường thì việc xây đáy trong đất khô không có gì khó khăn, còn trong đất ngầm nước đòi hỏi phải có công nghệ riêng. Khi ở trong nước thì đầu tiên người ta phải xây một đệm kê bê tông bằng phương pháp đổ bê tông trong nước hoặc phương pháp vữa dâng. Sau đó rồi mới xây đáy bê tông cốt thép trong điều kiện khô ráo.

## 2. Công nghệ hạ giếng chìm hơi ép

Khi hạ giếng qua các lớp đất bão hoà nước dạng cát chảy hoặc bùn cũng như khi có các lớp đất cứng có lẫn đá mờ côi v.v... thì việc hạ giếng sẽ gặp khó khăn đáng kể. Trong những trường hợp này sử dụng giếng chìm hơi ép là hợp lý hơn. Phần lưới trong trường hợp này có trần kín phía trên tạo thành buồng hơi ép cao 2,2 - 2,5m. Áp lực khí ép tăng dần theo chiều sâu hạ giếng và phải phù hợp với áp lực nước.

Nếu như khi hạ không dùng thiết bị súng thuỷ lực thì áp lực khí nén trong buồng cần phải đủ để ngăn các nguồn nước từ dưới phần lưới chảy vào nhưng không được lớn hơn  $1,2 P_H$ , ở đây  $P_H$  là áp lực thuỷ tĩnh ở mức lưới giếng và bằng  $P_H = 0,1\gamma H$ ; H là chiều sâu mức lưới giếng.



Khi hạ giếng chìm hơi ép có dùng các thiết bị đào là súng thuỷ lực thì trị số cần thiết của áp lực khí nén được xác định theo công thức.

$$P = 0,1 \cdot \gamma \cdot H - \Delta p \quad (14.1)$$

trong đó:  $\Delta p$  - độ chênh cho phép của áp lực nước và không khí. Trị số  $\Delta p$  được xác định bằng thực nghiệm.

Theo điều kiện có người trong giếng chìm hơi ép trị số áp lực cho phép tối đa của không khí nén không được vượt quá 0,35 - 0,4 MPa. Vì thế chiều sâu giới hạn hạ giếng chìm hơi ép là 35 - 40m.

Để có thể đưa người ra vào buồng trong giếng chìm hơi ép cũng như để đưa đất và đưa vật liệu xây dựng vào phải thiết lập các thiết bị kiểu âu cho người và vật liệu (có thể bố trí chung hoặc riêng cho từng loại) (hình 15.6a).

Các thiết bị âu thường đặt trên tháp ở trên giếng chìm hơi ép nối với thiết bị nâng, có phễu để chứa đất v.v... Theo quá trình hạ giếng các ống giếng được kéo dài và trong thời gian kéo dài ống phải đặt tạm các lỗ ở trần giếng. Số lượng các thiết bị âu phụ thuộc vào diện tích của giếng và quyết định với tính toán là một âu cho 100m<sup>2</sup> giếng chìm.

Không khí nén cấp vào trong buồng giếng theo ống từ trạm khí nén hoặc máy nén khí lưu động đặt trên công trường.

Việc hạ giếng chìm hơi ép tiến hành như sau: đầu tiên hạ giếng đến mực nước ngầm như hạ giếng thông thường, sau đó cấp khí nén vào buồng giếng và nâng áp lực lên từ từ. Các công việc ở trong gương giếng giống như hạ giếng thường. Sau khi hạ giếng đến cao độ thiết kế thì lấp buồng giếng bằng đá học, vữa xi măng hoặc bê tông tạo thành móng chắc chắn cho công trình ngầm.

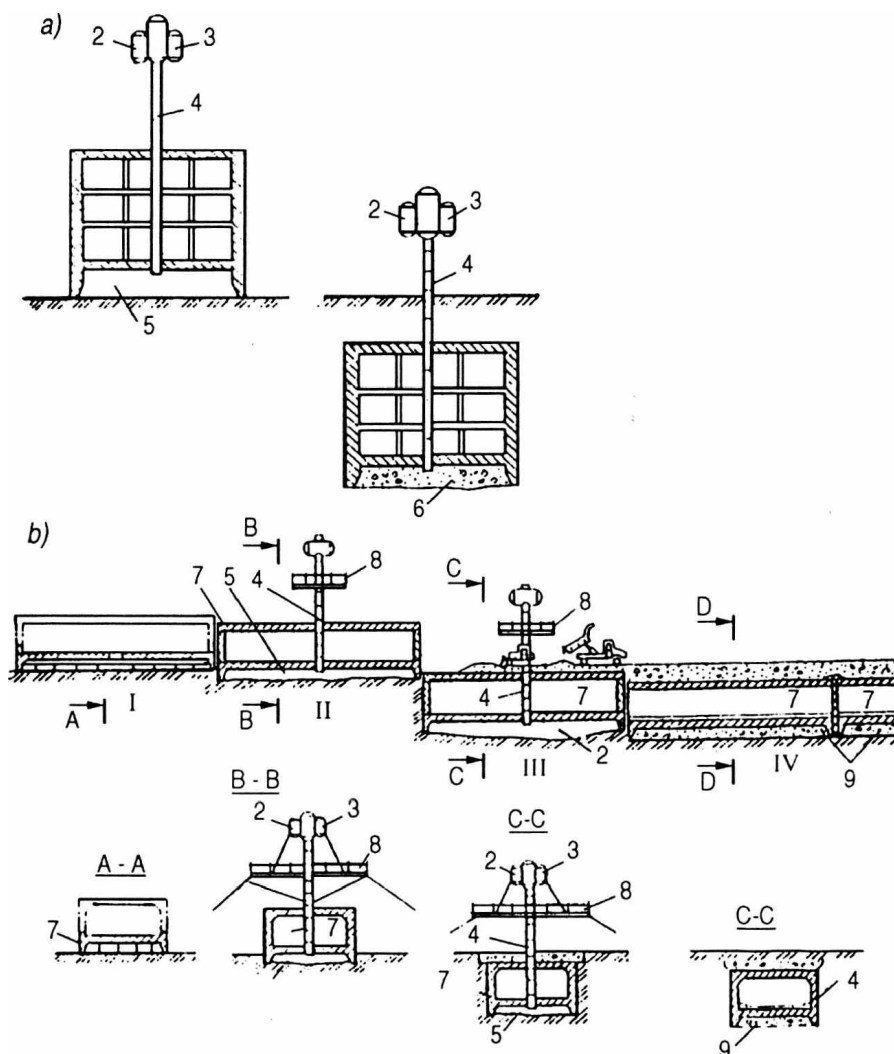
Khi xây dựng những đoạn hầm ô tô trong thành phố có đất yếu bão hoà nước người ta áp dụng phương pháp hạ từng đoạn hầm như giếng chìm hơi ép. Việc hạ đoạn có sử dụng khí nén phải dùng các thiết bị như đã nêu trên: thiết bị âu, các ống giếng, cần cẩu và máy đào gầu ngoạm (hình 15.6b).

Các đốt hầm kiểu giếng chìm hạ đến cao độ thiết kế được nối lại với nhau. Người ta sử dụng các phương pháp nối khác nhau: Dưới áp lực không khí nén, có sự bảo vệ của vòng vây cọc ván, có hạ nước ngầm nhân tạo, có sử dụng giếng chìm hơi ép nâng hạ được v.v...

Các đoạn hầm kiểu giếng chìm hơi ép cũng được áp dụng khi thi công các hầm dưới nước. Trong trường hợp này các đốt hầm có thể được hạ từ đảo nhân tạo, từ cầu dẫn hoặc bằng phương pháp chở nổi.

Phương pháp hạ giếng chìm hơi ép thường sử dụng trong trường hợp điều kiện địa chất công trình phức tạp, khi các phương pháp khác không hiệu quả hoặc không thể áp dụng được. Tuy nhiên, việc áp dụng giếng chìm hơi ép cũng liên quan đến những điều kiện lao động nặng nhọc và độc hại dưới tác dụng của không khí nén. Ngoài ra cũng phát sinh những khó khăn trong việc giải quyết mối nối giữa các đốt. Giá thành xây

dựng công trình cao do tổ chức thi công giếng chìm hơi ép đòi hỏi nhiều chi phí phụ khác. Chiều sâu tối đa hạ giếng như đã nêu ở trên là 35-40m. Tuy nhiên, có thể tăng thêm chiều sâu hạ giếng bằng cách hạ mực nước ngầm nhân tạo.



**Hình 15.6: Sơ đồ hạ giếng chìm hơi ép**

1. giếng; 2. âu chất tải; 3. âu cho người; 4. ống giếng; 5. buồng hơi ép;  
6. lắp dây bằng bê tông; 7. một đốt vỏ hầm kiểu giếng chìm; 8. sàn công tác; 9. lắp dây bê tông;  
I. đúc đốt vỏ hầm; II. lắp đặt ống giếng và âu; III. hạ đốt vỏ hầm; IV. nối đoạn vỏ hầm

Người ta cũng có thể tiến hành hạ giếng chìm hơi ép không người bằng cách áp dụng các thiết bị tự động hoá như súng phun thuỷ lực. Điều này cho phép tăng chiều sâu hạ giếng. Hiệu quả của phương pháp giếng chìm hơi ép có thể nâng cao nếu sử dụng áo sét.

## §2. PHƯƠNG PHÁP HẠ ĐOẠN HẦM

### 1. Chế tạo các đoạn hầm

Khi xây dựng hầm dưới nước bằng phương pháp hạ đoạn, từng đốt hầm riêng rẽ có thể tích chiếm chỗ đến  $50.000\text{m}^3$  được chế tạo trên phía đường dẫn, chuyển lên phao,

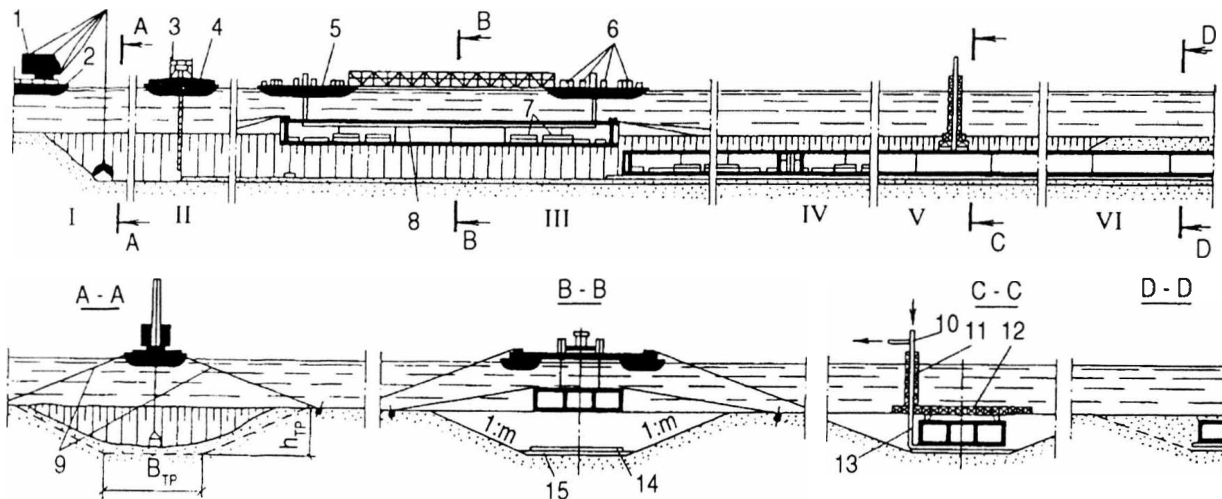
đưa đến hiện trường rồi hạ vào hố đào đào sẵn ở dưới đáy của vùng chứa nước (hồ, sông, biển). Các đốt hầm được nối với nhau tạo nên liên kết không cho nước thấm qua, sau đó lấp đất hoặc đá. Sau khi tháo các vách ngăn tạm ở đầu đốt hầm sẽ tạo nên đường giao thông ở trong hầm.

Phương pháp hạ đoạn được áp dụng trong các điều kiện thành phố, điều kiện địa chất công trình và điều kiện địa chất thuỷ văn khác nhau, trong các vùng chứa nước sâu từ 6 đến 40m, khi tồn tại các loại đất nền có khả năng đảm bảo sự ổn định của mái dốc và đáy của hào trong nước. Trong một số trường hợp phương pháp này được dùng để thi công cả phần trên bờ của hầm dưới nước bằng cách hạ những đoạn hầm đúc sẵn vào trong hố móng chứa đầy nước có gia cố bằng tường cừ.

Phương pháp hạ đoạn đôi khi có ưu điểm hơn phương pháp đào bằng khiên và có thể dùng để đặt hầm trong môi trường đất không ổn định, bão hoà nước. Tuy nhiên, khác với phương pháp khiên đào là không đòi hỏi phải dùng khí nén; loại trừ những điều kiện lao động nặng nhọc và độc hại trong điều kiện ngầm. Trong một số trường hợp sử dụng phương pháp này đẩy nhanh được tiến độ và hạ giá thành.

Việc xây dựng các hầm dưới nước hoặc các công trình giao thông khác dưới nước từ các đoạn có kích thước lớn được tiến hành theo một công nghệ đặc biệt. Tính đặc biệt của công nghệ này được xác định từ những điều kiện cụ thể của địa điểm xây dựng.

Các công việc chính được tiến hành theo dây chuyền: theo quá trình chế tạo các đốt hầm, chúng được chở đến hiện trường và hạ vào hào ở dưới nước (hình 15.7).



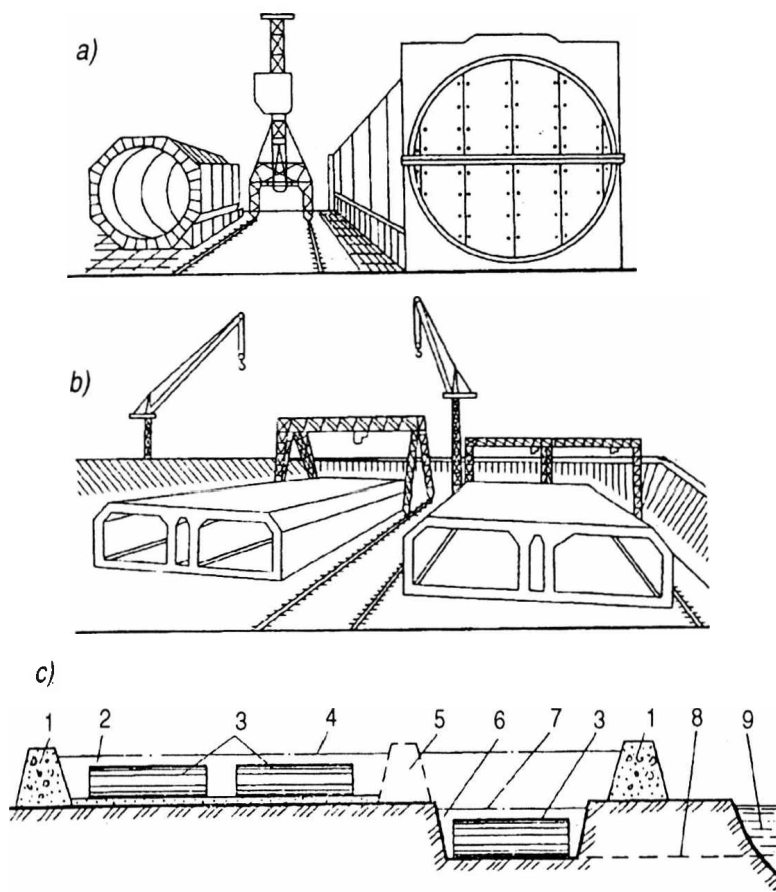
**Hình 15.7: Sơ đồ xây dựng hầm dưới nước**

- I. đào hào; II. làm nền; III. hạ đoạn hầm; IV. nối đoạn hầm; V. xây nền hầm; VI. lấp kết cấu;  
 1. gầu ngoạm; 2, 5. phà; 3. phễu đá dăm; 4. đầu kéo; 6. tời;  
 7. thùng chất tải; 8. đoạn hầm; 9. cáp căng; 10. ống cấp; 11. tháp di động;  
 12. khung cổng; 13. ống thoát; 14. xà đỡ; 15. nền đá dăm

Các đốt hầm dạng tròn hay dạng ống nhòm có vỏ thép được chế tạo trên triển đà ở trong vùng xây dựng hầm (hình 15.8a). Các xương (khung) chế sẵn trên triển đà được

chuyển theo hướng ngang, đôi khi theo hướng dọc xuống dốc (ụ nổi). Trên dốc người ta đổ bê tông lớp ngoài và kết cấu bên trong. Trong một số trường hợp khung được đổ bê tông trực tiếp ở trong nước trước khi hạ dốc. Lúc đó bê tông đóng vai trò phụ tải để hạ đoạn xuống đáy hào.

Các đốt hầm bê tông cốt thép có tiết diện chữ nhật thường được chế tạo trên các ụ khô kích thước khá lớn (hình 15.8b). Các ụ khô là một diện lộ thiên hay hố móng ở trên bờ của vùng chứa nước, có tường chắn và dè quây xung quanh. Chiều cao của dè chắn cần phải đủ để khi cho ngập nước thì các đốt hầm có thể nổi được với độ chìm sâu tối đa. Đáy của ụ khô lát bê tông hoặc đá dăm đầm chặt, có đường cho cầu và có các trang thiết bị cần thiết khác.



**Hình 15.8:** Sơ đồ chế tạo đoạn hầm trên bãi (a) và trên ụ: ụ cạn (b); ụ phao (c)

1. đập chắn; 2. ụ; 3. đoạn hầm; 4. mực nước khi ngập ụ; 5. dè quây; 6. âu; 7. mực nước vào âu khi chở đoạn hầm; 8. đáy kênh để vận chuyển đoạn hầm; 9. lòng vùng chứa nước.

Thông thường trên một ụ có thể chế tạo đồng thời một số đốt hầm. Kết cấu của các đốt được chế tạo có sử dụng một tổ hợp các thiết bị như cầu tháp, cầu cổng đủ lớn, ván khuôn thép di động và bơm bê tông công suất lớn.

Sau khi chế tạo tất cả các đốt, ụ được cho ngập nước từ từ. Vì sức đẩy nổi lớn hơn trọng lượng bản thân đốt vỏ nên chúng sẽ ở dạng nổi. Từ trong ụ ngập nước chúng được chuyển vào vùng chứa nước qua cửa rồi vào kênh dẫn ra vùng chứa nước.

Đôi khi để chế tạo các đốt người ta dùng ụ kiểu âu tàu. Ví dụ như khi xây dựng hầm Kanonher ở Leningrát tất cả 5 đốt được chế tạo đồng thời ở trên ụ dạng âu tàu có đê chắn mọi phía (hình 15.8c). Sau khi chế tạo các đốt ụ được cho đầy nước và các đốt được chuyển vào âu. Bơm nước ra khỏi âu các đốt vỏ hầm từ từ hạ thấp đến mực nước trong kênh sau đó chuyển dần vào kênh.

Các đốt được chuyển đến hiện trường bằng cách chở nổi. Thường thì mức nổi của chúng lấy chừng 2 - 3% sức đẩy nổi chung. Do đó các đốt thường có độ ngập nước khá lớn và chiều cao nổi chỉ từ 10 - 80cm. Nếu các đốt sau khi chế tạo có sức nổi âm thì khi chuyển chở phải có phà ghép. Khi vận chuyển các đốt hầm ở dạng chở nổi các đốt phải có cấp thép định vị.

## **2. Đào hào và xây dựng nền dưới nước**

Đồng thời với việc chế tạo các đốt người ta tiến hành đào hào dưới nước theo tuyến hầm. Trước khi bắt đầu đào hào cần phải tiến hành một loạt công việc để làm sạch đáy vùng chứa nước, phá bỏ các chướng ngại ở dưới nước, cắt cọc, tháo bỏ các trụ của cầu cũ v.v... Các công việc này được tiến hành trên hệ nổi và có thợ lặn, trong nhiều trường hợp phải nổ mìn.

Kích thước của hào dưới nước được xác định bởi khổ hầm có xét đến chiều dày của lớp lót, lớp đất đá lấp trở lại và lượng dự trữ để tạo khả năng đưa đốt vỏ hầm vào vị trí thiết kế. Bề rộng của hào ở mức đáy lấy rộng hơn bề rộng hầm 2 - 3m, còn chiều sâu đào đất dưới nước đôi khi đạt 30-40m kể từ mặt nước. Nền của hào đào cần phải đặt thấp hơn đáy hầm 0,5-0,6m có xét đến việc đảm bảo lớp đất lấp trên nóc hầm không nhỏ hơn 1,5m.

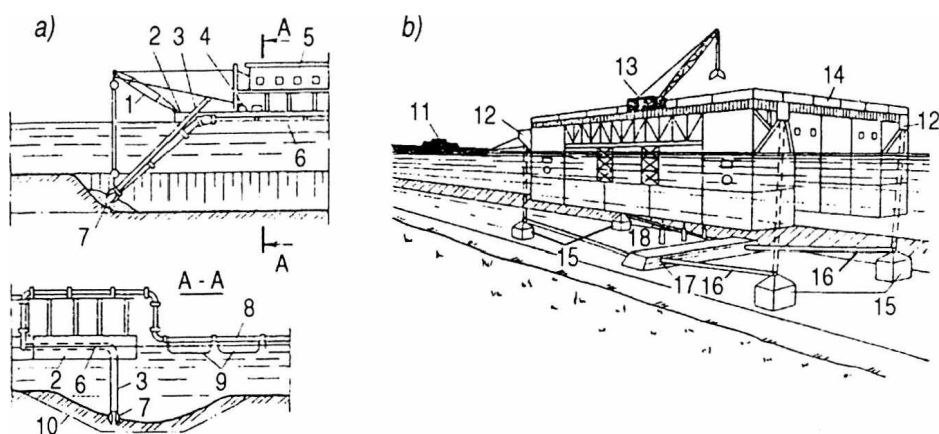
Mái dốc của hào lấy với độ dốc tối ưu theo quan điểm ổn định và những điều kiện khối lượng đất đắp và đào là tối thiểu. Thường thì độ dốc 1:m phụ thuộc vào tính chất của đất, chế độ của dòng chảy và lấy từ 1: 2,0 đến 1: 3,5 và lớn hơn.

Phụ thuộc vào chiều sâu đào và tính chất cơ lý của đất, khi đào hào người ta sử dụng các tổ hợp đào có tính năng tổng hợp dạng cơ khí hoặc cơ giới thủy lực có năng suất cao.

Khi chiều sâu hào nhỏ hơn hoặc bằng 10 - 12m người ta sử dụng chủ yếu thiết bị đào dạng tháp có nhiều gầu. Khi chiều sâu lớn hơn người ta dùng bơm và các thiết bị xói thủy lực (hình 15.9a) hoặc máy đào gầu ngoạm dạng có lưỡi. Trong một số trường hợp đặc biệt người ta dùng các thiết bị cơ giới nhỏ như monitor thủy lực, máy xúc thủy lực, bơm đất khí nén v.v... Việc đào hào dưới nước trong đất cứng và nửa cứng được tiến hành bằng phương pháp khoan nổ mìn.

Việc đào các hố móng (hào) có kích thước lớn ở dưới đáy dòng nước gây ra sự phân bố lại tốc độ dòng chảy tạo nên vùng phễu xói v.v...

Do hào dưới nước phải có một thời gian để hở (từ một số ngày đến một số tháng) cho đến khi hạ đoạn hầm vào nó nên có thể hào sẽ bị biến dạng các bộ phận như mái dốc, đáy do tác động của dòng chảy...



**Hình 15.9:** Sơ đồ đào hào trong nước (a) và làm phẳng nền (b)

1. cần; 2. thân tàu quốc; 3. thiết bị hút đất; 4. tời; 5. buồng máy; 6. ống hút;
7. bộ phận làm tời đất; 8. thùng chứa bùn có áp; 9. xà lan; 10. biên hào;
11. đầu kéo; 12. tai neo có tời; 13. gầu ngoạm kiểu cần; 14. sàn công tác;
15. khối kê; 16. cáp; 17. bộ phận làm phẳng; 18. đường ống.

Những biến dạng của hào dưới nước là tối đa khi hào nằm trong môi trường đất rời và dòng chảy có tốc độ lớn hơn 1,5 - 2,0m/s. Vì thế khi gặp trường hợp này hào nên đào từng đoạn theo chiều dài một đợt vô hãm và tiến hành ngay trước khi hạ đoạn vô hãm vào hào.

Trong quá trình hạ đoạn vô hãm, do dòng chảy bị thu hẹp sẽ xảy ra biến dạng lại đoạn hào do cấu trúc động học dòng chảy. Vì thế trong quá trình thi công phải có theo dõi, thu thập số liệu để dự báo cho các hãm trong điều kiện tương tự, để chọn hình dạng hợp lý của hào và đoạn vô hãm. Để giải quyết vấn đề này người ta thường tiến hành nghiên cứu trên mô hình và quan sát thực tế.

Nếu như khả năng chịu lực của đất trong nền hào đủ để tiếp nhận tải trọng của đợt vô hãm có xét đến áp lực nước và đất đắp thì sử dụng nền tự nhiên. Khi đó đáy hào được lót bằng bê tông, cát hoặc đá dăm để đảm bảo độ bằng phẳng của đáy hào, đảo bảo sự phân bố đều tải trọng của đợt vô hãm lên nền và ngăn ngừa độ lún có thể của hãm. Khi có nền là đất đá cứng thì lót nền bằng bê tông mác 150-200 đổ bằng phương pháp đổ bê tông trong nước. Lót bằng cát, sỏi, đá dăm thường dùng khi nền là đất mềm hoặc nền sét.

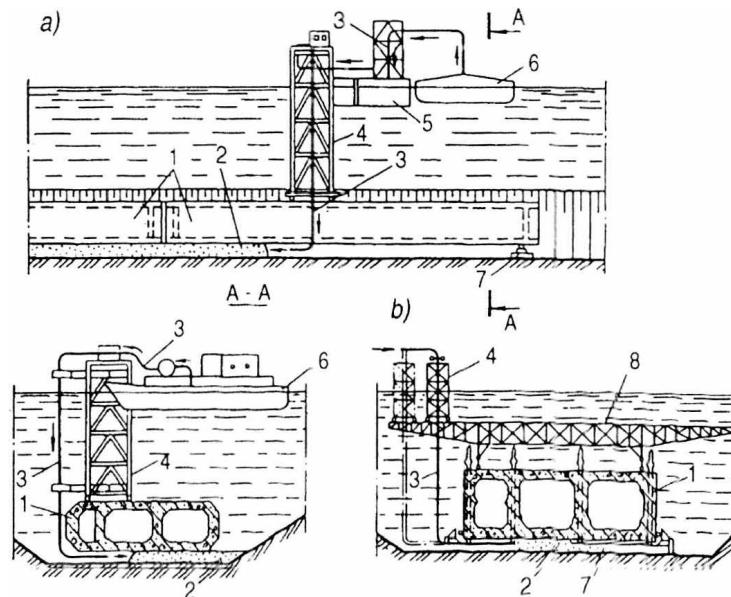
Chiều dày của lớp lót thường 0,5-0,6m. Cát, sỏi, đá dăm được đắp bằng ống và phễu đặt trên phao. Việc làm phẳng các vật liệu đắp này bằng một hệ dầm thép treo lên phà bằng cáp và dịch chuyển bằng tời để làm cử. Người ta cũng dùng các thiết bị san phẳng và các bộ cử khác nhau để làm phẳng (hình 15.9b).

Việc kiểm tra chất lượng lớp lót nền nhờ thợ lặn hoặc thiết bị siêu âm cũng như các dụng cụ dùng lade.

Trong nhiều trường hợp xây dựng hãm dưới nước cấu tạo từ các đoạn hãm tiết diện chữ nhật có dùng lớp đệm cát dày 1m. Hỗn hợp cát được ép xuống đáy đoạn

hầm đã đặt vào và nối với nhau trên các trụ. Sau khi ép cát tải trọng do trọng lượng của đoạn hầm, ban đầu do các dầm kê của trụ chịu sẽ truyền lên nền. Thiết bị để ép cát bằng ba ống dẫn gắn trên tháp hoặc cần có hai côngxon dịch chuyển trên ray đặt trên đỉnh của đoạn hầm (hình 15.10). Theo một ống ép hỗn hợp cát bằng khí nén, còn theo hai ống còn lại là hút nước để tạo khả năng ngăn hỗn hợp cát khỏi tan rã ra và tạo độ chặt cần thiết cho nền.

Người ta cũng dùng công nghệ bồi cát qua lỗ ở trong đáy của đoạn vỏ hầm. Theo mức độ ép cát các lỗ này sẽ đẩy lại bằng các van, sau khi ép sẽ được bịt kín.



**Hình 15.10:** Sơ đồ bồi cát dưới đáy đoạn hầm đã lắp có sử dụng khung di động (a) và sử dụng cầu vận chuyển (b)

1. đoạn hầm; 2. đệm cát; 3. ống dẫn; 4. khung; 5. xà lan;  
6. xà lan chở cát; 7. trụ kích; 8. cầu vận chuyển

### 3. Hạ đoạn, giải quyết mối nối giữa các đoạn hầm và đắp đất

Các đoạn hầm khi đưa đến hiện trường được treo vào tời hoặc cần cẩu đặt trên phao rồi chất tải vào đoạn hầm bằng nước, đá hoặc vật liệu lót khác để đạt sức nổi âm rồi hạ vào hào dưới nước (hình 15.11a).

Trước khi hạ người ta đặt những giếng riêng để người có thể lên xuống được và cung cấp các thiết bị để có thể quan sát được vị trí của đoạn hầm. Chiều cao của giếng và những thiết bị quan sát phải sao cho sau khi hạ đoạn hầm vào đáy hào thì chúng vẫn nhô lên trên mặt nước.

Khi hạ các đoạn hầm có tiết diện tròn hoặc dạng ống nhôm thì người ta dùng lớp gia tải là hỗn hợp bê tông đổ vào sau vỏ thép.

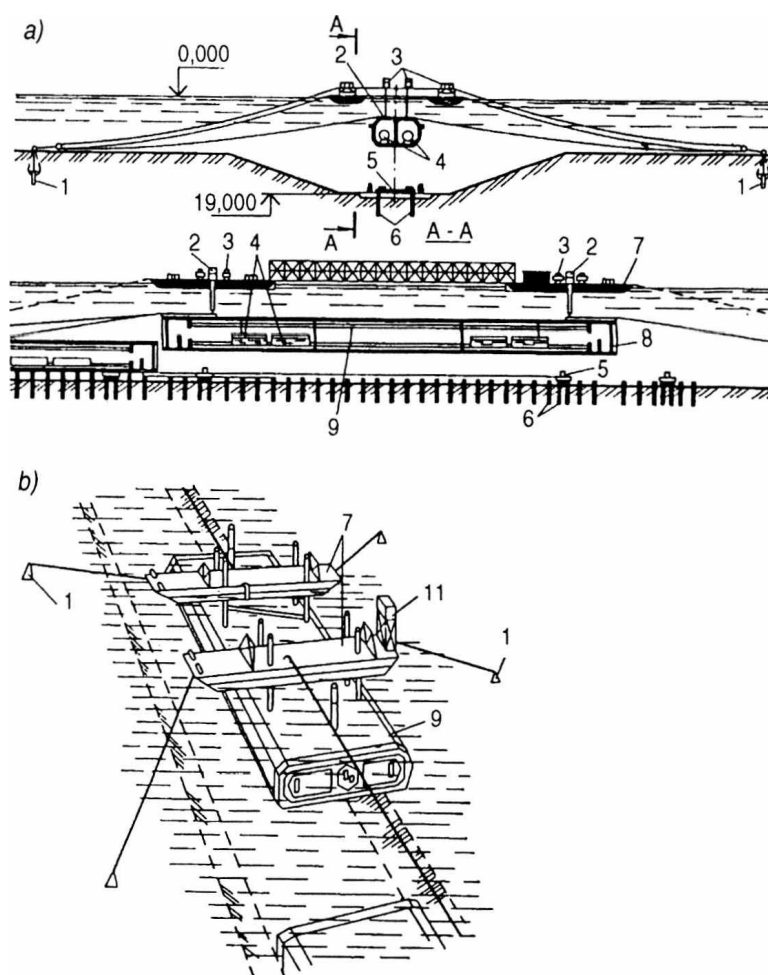
Các đoạn hầm tiết diện chữ nhật bằng bê tông cốt thép thì người ta hạ bằng cách cho nước vào các bể dung tích 200 - 400m<sup>3</sup> bố trí ở trong hầm, những bể này có ống nối với

nhau. Lượng nước này cũng có thể bố trí ở ngoài đoạn hầm bằng các thùng chứa hoặc ở trên trần hầm.

Trong một loạt trường hợp người ta thiết lập hệ tải trọng phụ thêm sao cho dễ dàng điều chỉnh mà không cần sự có mặt của con người.

Công nghệ hạ đoạn hầm phụ thuộc vào chiều sâu và tốc độ của dòng chảy cũng như chủng loại của các thiết bị chở nổi và nâng hạ. Ngoài thiết bị như tời, cầu đặt trên phà, người ta còn sử dụng một loạt các thiết bị khác như dàn nâng cùng với kích thủy lực, các sà nổi v.v.

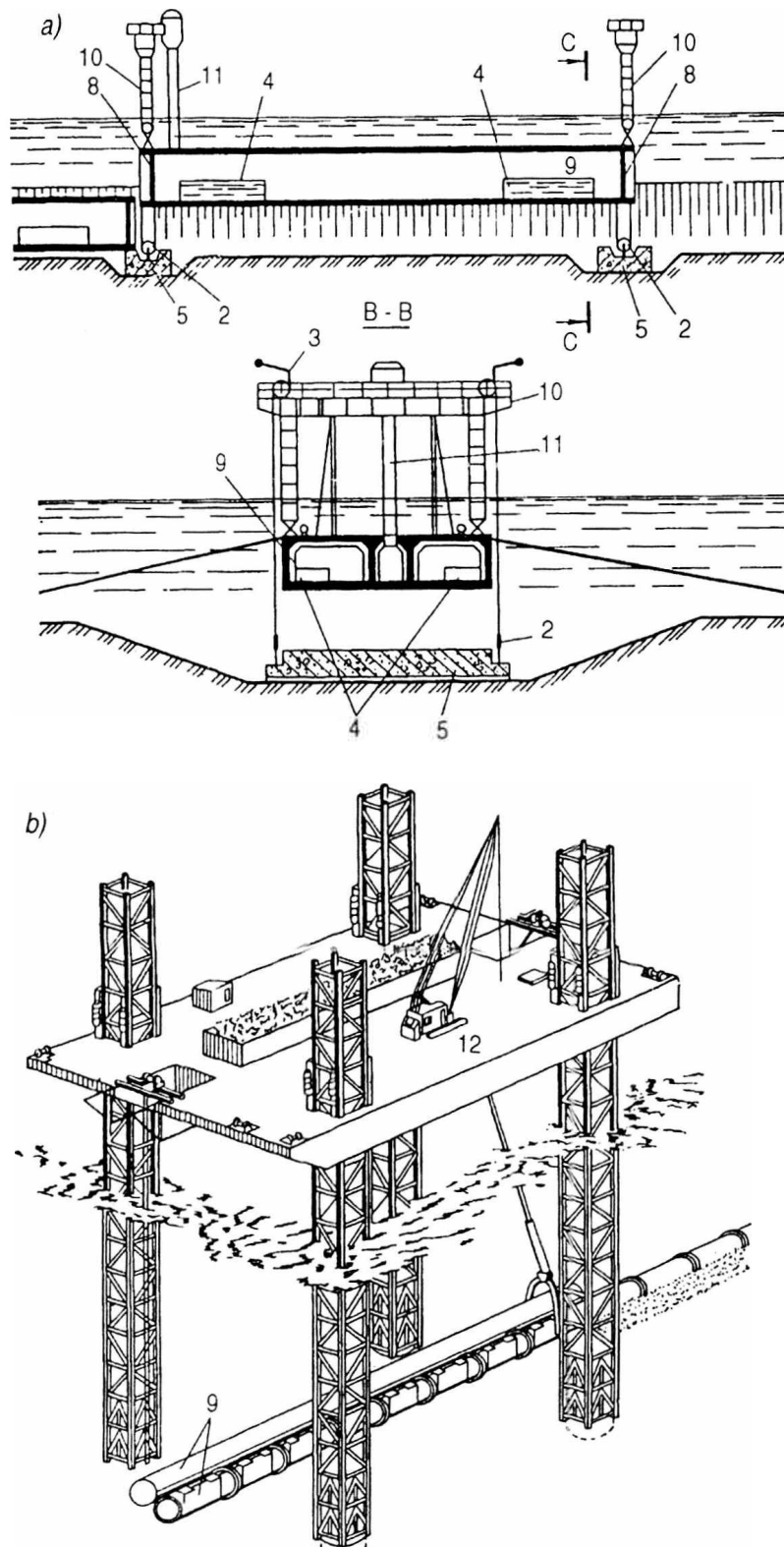
Khi xây dựng một loạt hầm, người ta tạo một hệ phao (phà) ghép từ hai khối riêng rẽ, nối với nhau bằng hệ dầm của cần cầu dạng cầu (hình 15.11b). Trong trường hợp này người ta giữ đọt hầm hạ giữa các khối phao bằng các cáp neo, neo vào các đầu giữ đặc biệt và hạ dần vào hào theo mức độ tăng của tải trọng phụ.



**Hình 15.11:** Sơ đồ hạ đoạn hầm vào hào dưới nước bằng xà lan (a-c) và bằng sà nổi (d)

1. neo; 2. múp dòng dọc; 3. tời; 4. thùng chất tải; 5. trụ đỡ; 6. cọc; 7. xà lan; 8. vách đầu; 9. đoạn hầm; 10. khung cổng; 11. giếng; 12. sà nổi





**Hình 14.11 (tiếp theo) :** Sơ đồ hạ đoạn hầm vào hào dưới nước bằng xà lan (a-c) và bằng sàn nổi (d)

1. neo; 2. múp dòng dọc; 3. tời; 4. thùng chất tải; 5. trụ đỡ; 6. cọc; 7. xà lan; 8. vách dầu; 9. đoạn hầm; 10. khung cổng; 11. giếng; 12. sàn nổi

Trong một số trường hợp người ta hạ các đốt sau khi căng chúng bằng các cáp vào các khối bê tông đặt trước ở đáy vùng chứa nước ở các vị trí thiết kế (hình 15.11c).

Khi chiều sâu hạ đốt lớn hơn 15 - 20m thì việc dùng sà nỏ có hiệu quả. Nó có thể dịch chuyển ở trong nước và được đặt vào vị trí nhờ các trụ đỡ co rút được (hình 15.11d). Sau khi đặt các đốt hầm vào vị trí thiết kế sà nỏ được hạ vào nước và dịch chuyển sang vị trí mới. Việc sử dụng sà nỏ công tác là phà nổi có những ưu điểm nhất định bởi vì nó cho phép hạ đoạn hầm với chiều sâu, lực gió và dòng chảy lớn trong thời gian nước lên, nước xuống và có sóng. Tuy nhiên việc sử dụng sà nỏ nâng hạ được và đắt tiền là kinh tế chỉ khi chiều dài đoạn hầm thi công bằng phương pháp hạ đoạn là lớn.

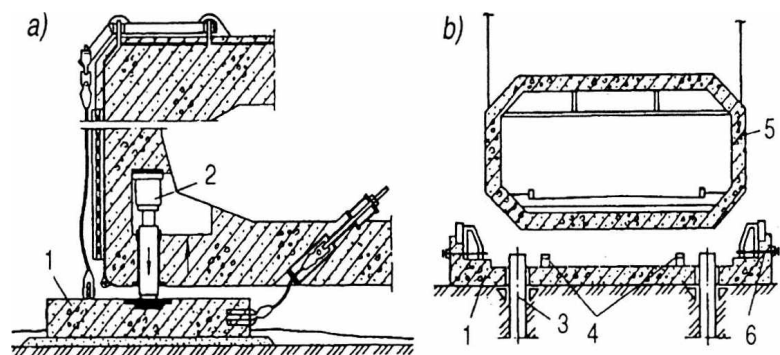
Để chống lật cho các đoạn hầm cũng như ngăn ngừa sự chuyển dịch của nó do ảnh hưởng của dòng chảy, ở trên trần người ta đặt các dây cáp neo gắn vào tời đặt trên phà.

Thời gian hạ các đoạn hầm, phụ thuộc vào điều kiện cụ thể, dao động trong khoảng rộng: từ một số giờ đến một số ngày. Trong quá trình hạ các đoạn hầm, người ta tiến hành quan sát bằng các thiết bị về vị trí của các đoạn dựa vào các mốc chuẩn đặt ở đầu các đoạn hầm luôn luôn nhô lên khỏi mặt nước. Trên công trường xây dựng những hầm dưới nước trước đây người ta kiểm tra việc hạ các đoạn hầm nhờ thợ lặn. Ngày nay người ta cố gắng loại trừ việc dùng lao động của thợ lặn trong việc này bằng cách sử dụng các thiết bị vô tuyến, lade v.v.. và loại trừ cả việc gắn mốc. Trong thời gian hạ người ta còn ghi các ứng lực trong các cáp căng bằng các датчик dây, áp kế điện và các dụng cụ đo khác có độ nhạy cao. Việc theo dõi chung được phản ánh thường xuyên về trạm trung tâm bằng radiô và điện thoại.

Các đốt hầm hạ xuống đáy hào nằm trực tiếp lên nền hoặc qua tấm lát, nền đá học hoặc khối bê tông cốt thép v.v... Việc hiệu chỉnh vị trí của các đoạn hầm theo phương ngang hoặc đứng tiến hành bằng các kích thủy lực lắp ở đáy đoạn hầm điều khiển được từ bên trong hầm (hình 15.1a). Điều đó cho phép đạt độ chính xác đến  $\pm 2 - 5\text{cm}$ .

Khi đặt các đoạn hầm trên nền cọc nhân tạo, người ta hiệu chỉnh vị trí của nó bằng các kích răng, bộ phận hầm và các thiết bị khác đặt trên các dầm giằng (hình 15.12b). Các đoạn hầm đặt trên các gối tạm và được giữ nguyên như vậy một thời gian (12-24h) để cho nền ổn định độ lún ban đầu.

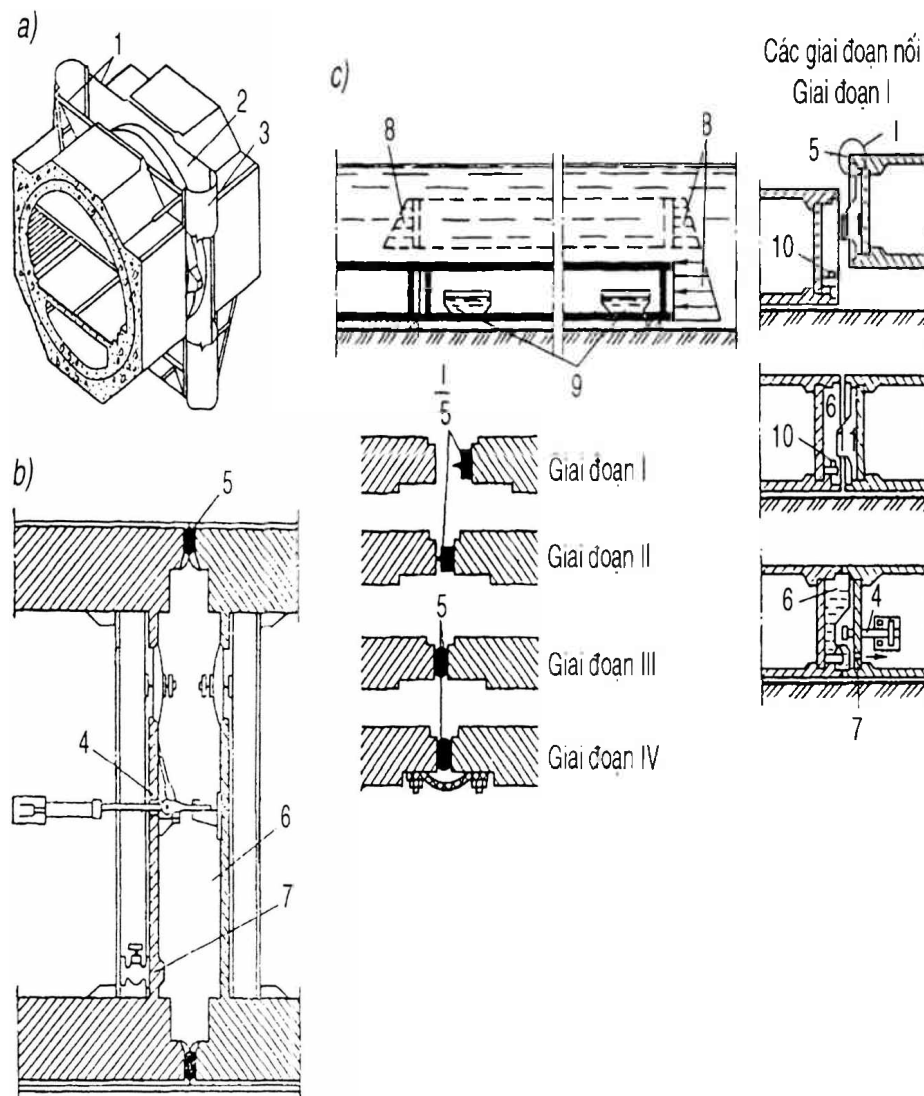
Một trong những công đoạn phức tạp nhất trong việc



**Hình 15.12:** Sơ đồ tựa đoạn hầm lên nền tự nhiên (a) và nền nhân tạo (b)

1. tấm móng; 2. kích thủy lực; 3. cọc; 4. kích răng;  
5. đoạn hầm; 6. gối định vị

hạ đoạn hầm là giải quyết nối dưới nước các kết cấu dạng khối lớn lại với nhau. Các đoạn hầm nối với nhau bằng bulông thép, thanh căng có bố trí "gờ nổi" bê tông thi công nhờ có hàng rào chắn bằng cọc cừ hoặc giếng chìm hơi ép v.v... Các đoạn hầm tròn hoặc dạng ống nhôm bằng bê tông cốt thép thì nối với nhau như sau: Mỗi lần hạ một đốt hầm xuống đáy hào cách đốt hạ trước 1,5-2m, sao cho phần nhô dạng nửa hình trụ, của các đốt vỏ hầm trùng nhau theo chiều cao. Sau đó chúng được kéo căng vào với nhau bằng kích để nén các gioăng su chèn mỗi nối đặt theo chu vi đoạn hầm. Sau đó trên các mặt bích thép ở đầu ống có các vách khoá chắn đặt các đai giữ (hình 15.13a). Cuối cùng bằng phương pháp đổ bê tông dưới nước đổ lấp các "gờ nổi" bằng bê tông. Phương pháp nối này tương đối khó khăn và phải sử dụng lao động thợ lặn.



**Hình 15.13:** Các sơ đồ nối các đoạn hầm tiết diện tròn (a), chữ nhật (b)

1. mặt bích thép; 2. phần trống để lấp đầy bằng bê tông; 3. đai nối bằng đai;  
4. thiết bị căng; 5. đệm cao su; 6. bu lông nối; 7. van xả; 8. biểu đồ áp lực nước;  
9. thùng chất tải; 10. đế thép; 11. trụ đỡ.

Việc nối các đoạn hầm tiết diện chữ nhật được thực hiện làm hai giai đoạn. Đầu tiên dùng kích căng kéo các đốt hầm cạnh nhau để làm chặt các gioăng cao su. Sau đó bơm cạn nước trong không gian giữa các đốt. Do đó tại đầu các đốt bắt đầu có tác dụng của áp lực đẩy nổi không cân bằng. Trị số của áp lực phụ thuộc vào chiều sâu hạ, diện tích tiết diện của đốt hầm và có thể đạt 50-100kN. Dưới tác dụng của áp lực nước các gioăng được ép chặt thêm. Sau đó mỗi nối được đổ bê tông chèn chặt từ phía trong của đoạn hầm. Để căng kéo các đốt hầm kề nhau người ta dùng một thiết bị chuyên dụng ở dạng đòn khoá điều khiển bằng các kích thuỷ lực đặt ở trong đoạn hầm với các móc gắn liền các đốt hầm cạnh nhau (hình 15.13b).

Trong những năm gần đây ở một số hầm đang xây dựng, để nối các đoạn hầm ở phần mặt bích đầu đoạn, người ta đặt các gối côngxon đảm bảo vị trí đặt đốt tiếp theo đúng dẫn và neo căng chúng lại với nhau (hình 15.13c). Kỹ thuật nối kiểu này đã áp dụng khi xây dựng hầm Canonher ở Leningrát. Mỗi đốt hầm dài 75m rộng 13,3-13,75m, cao 8,05m với các gối nhô ở đầu và căng bằng kích cùng với sức nén của áp lực nước với ứng lực chung 20 MN khi áp lực nước bên ngoài là 0,15 - 0,25 MPa. Để đảm bảo độ chính xác yêu cầu của mỗi nối các đoạn hầm, người ta đã tạo ra những thiết bị riêng để kiểm tra vị trí đầu của đoạn hầm trong các giai đoạn trên mặt bằng, mặt cắt dọc cũng như trục hầm với độ chính xác  $\pm 10\text{mm}$ .

Để giữ nguyên vị trí thiết kế của các đoạn hầm cũng như để bảo vệ kết cấu khối tàu bè, các vật trôi trên sông nước phá hoại người ta lấp đất trên hầm. Theo số liệu thực tế chiều sâu đất đắp trung bình trên nóc hầm là 1,5 - 3,0m. Vật liệu và chiều sâu đắp được xác định phụ thuộc vào chế độ thuỷ lực của dòng chảy có xét đến khả năng xói đáy dòng chảy trong thời gian khai thác hầm. Để đắp hầm người ta thường dùng cát hạt thô và các vật liệu có kích thước lớn. Trong trường hợp, nếu như bị xói mòn thì trên nóc hầm người ta xếp đá hộc sao cho dòng chảy không xói được. Khi xây dựng phần đắp trên hầm cũng nên xét khả năng tăng độ trôi của các đốt hầm trong thời gian khai thác. Điều này được giải thích là môi trường đất bão hoà nước bao quanh hầm là chất lỏng nặng có trọng lượng riêng lớn hơn 1 (theo số liệu thực tế trọng lượng riêng của đất "đẩy nổi" với các hạt là cát, bùn là 12,8 - 13,6 (kN/m<sup>3</sup>). Điều đó làm tăng lực đẩy nổi tác dụng lên đoạn hầm. Nếu như đất lấp trên hầm là cát thì không thể ngăn được hiện tượng trôi cho các đoạn hầm nên người ta tiến hành lấp hầm bằng các vật liệu có trọng lượng riêng lớn như quặng sắt, đá dăm granít v.v... khi đó hệ số an toàn chống trôi của hầm lấy chừng 1,15 - 1,25.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Dorman IA.A. *Các phương pháp đặt biệt khi thi công Metroliten*. Matxcova, 1982.
2. Ivaxnhiuk X.A. *Thiết kế và xây dựng công trình ngầm và công trình đào sâu*. Nhà xuất bản Xây dựng, 2004.
3. Khrapov V.G. *Hầm và Metroliten*. Matxcova, 1989.
4. Kompanhex X.A. *Thiết kế hầm*. Matxcova, 1973.
5. Makovxki L.V. *Công trình giao thông đô thị ngầm*. Matxcova, 1985.
6. Moxtkov V.M. *Công trình thủy lợi ngầm*, Matxcova, 1986.
7. Naxonov I.D., Phediukin V.A. *Công nghệ xây dựng công trình ngầm*. Matxcova, 1983.
8. Orgenergostroi. *Những vấn đề cơ bản về xây dựng hầm thủy lợi bằng phương pháp nổ mìn*. Matxcova, 1977.
9. Viện thiết kế thủy công Matxcova. *Hướng dẫn thiết kế hầm thủy lợi*. Matxcova, 1982.
10. Volkov V.P. Naymov X.N... *Hầm và Metroliten*. Matxcova, 1975.
11. Volkov V.P. *Hầm*, Matxcova, 1970.
12. Zubkov V.M. *Công trình ngầm thi công bằng phương pháp tường trong đất*. Matxcova, 1977.
13. Nguyễn Văn Đức, Võ Trọng Hùng. *Công nghệ xây dựng công trình ngầm*. Nhà xuất bản Giao thông Vận tải, 1997.
14. Nguyễn Thế Phùng, Nguyễn Ngọc Tuấn. *Thi công hầm*. Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật, 1977.
15. Nguyễn Thế Phùng. *Công nghệ thi công công trình ngầm bằng phương pháp tường trong đất*. Nhà xuất bản Giao thông Vận tải, 1998.
16. Nguyễn Thế Phùng. *Thi công công trình ngầm bằng các phương pháp đặc biệt*. Nhà xuất bản Xây dựng, 2009.

## MỤC LỤC

	Trang
<i>Lời nói đầu</i>	3
<b>Chương 1. Đào các bộ phận của hang ngầm</b>	
§1. Khái niệm chung về đào đất đá	5
§2. Sơ đồ xây dựng hầm	6
§3. Các hang dẫn	7
§4. Chống đỡ bạt dốc trước cửa hầm	10
§5. Đào và chống các hang dẫn	11
§6. Liên hệ các hang ngang theo chiều cao	16
1. Mở hang dẫn trên	16
2. Lối thông để thải đất đá	16
3. Lối thông cấp vật liệu	17
§7. Đào mở rộng phần trên hang	18
<b>Chương 2. Xây dựng hầm bằng phương pháp mở</b>	
§1. Những vấn đề chung	22
§2. Xây dựng hầm trong đá nửa cứng, mềm và yếu	24
1. Phương pháp phân mảnh đào toàn diện	24
2. Phương pháp vòm trước	29
3. Phương pháp nhân đỡ	32
4. Các yêu cầu đối với vòm chống tạm các hang đào từng bộ phận	34
5. Phương pháp phân vòm vượt trước	37
6. Phương pháp đào các chống trước vách hang	39
§3. Xây dựng hầm trong đá cứng	44
1. Đặc điểm đào hang trong đá cứng	44
2. Phương pháp đào toàn tiết diện	45
3. Phương pháp bậc thang	48
4. Phương pháp hang dẫn giữa	52
5. Phương pháp chia nhỏ dưới vòm	55
§4. Các phương pháp đặc biệt để thi công hầm	55
1. Phương pháp xi măng hoá để gia cố đất đá	56

2. Công tác sét hoá	58
3. Công tác silicat hoá	58
4. Phương pháp đóng băng nhân tạo	59
<b>Chương 3. Công tác khoan nổ mìn</b>	
§1. Công tác khoan lỗ và thiết bị khoan	62
§2. Vật liệu nổ mìn	69
§3. kết cấu nạp mìn và việc bố trí lỗ mìn trên gương đào	75
§4. Tính toán các thông số khoan nổ khi đào hầm	78
§5. Tác dụng chấn động của nổ mìn trong hang ngầm	86
<b>Chương 4. Công tác bốc đá và vận chuyển trong thi công hầm</b>	
§1. Công tác bốc đá	88
§2. Vận chuyển đất đá trong thi công hầm	92
<b>Chương 5. Gia cố hang ngầm</b>	
§1. Khái niệm chung	99
§2. Vẽ chống vòm thép	100
§3. Vẽ chống neo	102
§4. Vẽ chống bê tông phun	110
<b>Chương 6. Xây dựng vỏ hầm</b>	
§1. Công tác ván khuôn	115
§2. Công tác cốt thép và đổ bê tông	117
§3. Tính toán các thông số đổ bê tông	119
§4. Công tác ximăng hóa	122
<b>Chương 7. Các công tác phụ trong thi công hầm</b>	
§1. Thông gió hang ngầm trong giai đoạn thi công	126
§2. Chống bụi khi thi công ngầm	135
§3. Thoát nước trong thi công hầm	137
§4. Chiếu sáng và cấp năng lượng cho hang ngầm	139
<b>Chương 8. Cơ giới hoá đồng bộ khi thi công hầm bằng phương pháp mở</b>	
§1. Hầm tiết diện nhỏ và trung bình	142
§2. Thi công hầm tiết diện lớn	148
<b>Chương 9. Thi công hầm bằng khiên và máy đào liên hợp</b>	
§1. Các khái niệm chung về khiên	151
	297

§2. Xác định các kích thước cơ bản của khiên	152
§3. Khiên đường kính lớn	154
1. Mô tả chung	154
2. Các cấu kiện	156
3. Nguyên tắc tính toán	161
§4. Khiên đường kính nhỏ	161
§5. Bán khiên	163
1. Mô tả chung	162
2. Kết cấu	163
§6. Thiết bị thủy lực của khiên	163
1. Kích thủy lực của khiên	165
2. Các kích chống gương và kích sàn công tác	167
3. Việc cấp năng lượng	167
4. Mạng và máy thủy lực	168
§7. Thiết bị lắp các khối vỏ hầm	170
1. Khái niệm chung	171
2. Thiết bị lắp ráp vỏ hầm dạng tròn	172
3. Thiết bị lắp ráp dạng một cung tròn	175
4. Thiết bị lắp ráp dạng khoang	176
§8. Khiên cơ giới hoá và khiên chuyên dùng	177
§9. Công nghệ đào bằng khiên	183
§10. Đào hầm bằng máy đào liên hợp	187
§11. Tính năng suất máy đào liên hợp	193
<b>Chương 10. Thi công hang đứng, hang xiên</b>	
§1. Xây dựng giếng đứng	196
1. Khái niệm chung	196
2. Đào giếng theo hướng từ trên xuống	197
3. Đào giếng theo hướng từ dưới lên	205
§2. Đào các hang nghiêng	207
1. Đào các hầm nghiêng	207
2. Xây dựng các hầm nghiêng dẫn nước vào nhà máy thủy điện	210
<b>Chương 11. Xây dựng gian máy và các buồng có tiết diện lớn</b>	
§1. Các nguyên tắc đào các buồng tiết diện lớn	212
§2. Xây dựng các công trình ngầm dạng buồng trong đá cứng	214
1. Đào phân vòm	214



2. Đào khối cơ bản (phần lõi)	216
3. Xây dựng công trình ngầm dạng buồng trong địa tầng có độ cứng trung bình và mềm yếu	217
<b>Chương 12. Kế hoạch hoá thi công ngầm, chọn số lượng gương đào</b>	
§1. Tiến độ và thời hạn thi công công tác ngầm - chọn số lượng gương đào	222
§2. Biểu đồ tiến độ thi công và biểu đồ chu kỳ công tác	225
§3. Các giai đoạn thiết kế và nội dung thiết kế	230
<b>Chương 13. Xây dựng công trình ngầm bằng phương pháp lộ thiên</b>	<b>229</b>
§1. Phương pháp hố đào	232
1. Hệ thống chống đỡ hố móng	232
2. Chống đỡ bằng neo	235
3. Tính toán hệ gia cố tạm hố móng	240
4. Đóng cọc và đào đất đá	245
5. Xây dựng và phòng nước cho kết cấu	247
§2. Sử dụng vòm chống di động	250
1. Các dạng vòm chống di động	250
2. Công nghệ thi công	253
§3. Phương pháp đào hào	253
1. Công nghệ "tường trong đất"	255
2. Thiết bị đào hào	257
3. Công tác đào hào	260
4. Xây dựng kết cấu	262
<b>Chương 14. Phương pháp đẩy ép đẩy</b>	
§1. Thực chất của phương pháp và phạm vi áp dụng	269
§2. Công nghệ thi công	271
<b>Chương 15. Xây dựng công trình ngầm bằng phương pháp hạ đoạn</b>	
§1. Phương pháp hạ giếng chìm và giếng chìm hơi ép	277
1. Công nghệ hạ giếng chìm áo sét	277
2. Công nghệ hạ giếng chìm hơi ép	282
§2. Phương pháp hạ đoạn hầm	284
1. Chế tạo các đoạn hầm	284
2. Đào hào và xây dựng nền dưới nước	287
3. Hạ đoạn, giải quyết nối giữa các đoạn hầm và đắp đất	289
<b>Tài liệu tham khảo</b>	<b>295</b>
	299